Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

SYSTÈMES EFFICACES DE CHAUFFAGE RÉSIDENTIEL AU MAZOUT

Guide du préposé à l'entretien, du technicien et de l'entrepreneur

Rapport SP 88-1F

Canada

88-04985/

SYSTÈMES EFFICACES DE CHAUFFAGE RÉSIDENTIEL AU MAZOUT

Guide du préposé à l'entretien, du technicien et de l'entrepreneur

Rapport SP 88–1F
(Rapport EI 79–8, révisé et réimprimé.)

A.C.S. Hayden
R.W. Braaten

MICROMEDIA

67 pp

Laboratoire canadien de recherche sur la combustion
Direction de la technologie de l'énergie
Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1988

En vente au Canada par l'entremise des

Librairies associées
et autres libraires

ou par la poste auprès du

Centre d'édition du gouvernement du Canada
Approvisionnements et Services Canada
Ottawa (Canada) K1A 0S9

N° de catalogue M38-15/88-1F
ISBN 0-660-92379-3

Prix sujet à changement sans préavis

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre	Page
Figures	iv
Tableaux	v
1. Introduction	1
2. Efficacité	3
Connaître les faits	3
Qu'entend-on par efficacité du calorifère?	3
Efficacité en régime équilibré	5
Paramètres de combustion	5
Excédent d'air	5
Effet du tirage	6
Température dans la cheminée	6
Combustion incomplète	7
L'ensemble	7
Régime de transition vs régime équilibré	7
Production de fumée	8
Fonctionnement du ventilateur	9
Autres façons d'améliorer le rendement	9
3. Entretien annuel	11
Inspections	11
Nettoyage et mise au point	12
Entretien du filtre à mazout	14
Entretien du brûleur	14
Réglage du brûleur	16
Mesures du rendement	18
4. Façons de réduire la consommation de combustible	23
Réduction de la température	23
Installation d'un gicleur plus petit	24
Augmentation de la vitesse du ventilateur	25
Prolongation de la période de fonctionnement du ventilateur	25
Systèmes de distribution de la chaleur	26
Apport d'air	26
Isolation du sous-sol	27
Systèmes de distribution par convection naturelle	27
5. Moyens d'améliorer le rendement	29
Brûleur à tête de retenue	29
Décision	31
Détermination du nouveau taux d'alimentation	31
Choix d'une nouvelle tête	33
Installation	33
Soupape solénoïdale à action différée	34
Régulateur du tirage de la cheminée	36
6. Recommandations à faire aux clients	37
Filtres à air	37
Indicateurs de la température dans la cheminée	37
Bouches d'aération et radiateurs	37
Réduction de la température	37
Installation de matériau isolant et étanchéité de la maison	37
Foyers et poêles à bois	38
7. Technologie future	39
Brûleur à faible taux d'alimentation	39
Brûleur modulé	39
Récupérateurs de chaleur perfectionnés	39
Brûleurs perfectionnés	39
Brûleurs à faible taux d'alimentation	39
Système à l'eau chaude à convection naturelle	40
Calorifère à condensation	40
Références et bibliographie	42
Annexe	
A. Calcul de l'efficacité	43
B. Calcul du calibre optimal du gicleur	45
C. Courbes de combustion – mazout n° 2	49
D. Facteurs de conversion du sytème impérial au système métrique	55
E. Données de calcul pour certaines localités canadiennes choisies	59

FIGURES

Numéro		Page
2.1	Acheminement de la chaleur et efficacité du calorifère	4
2.2	Changement de la température de la fumée au cours du régime de transition, gicleur de 0,85 GPH (US)	5
2.3	Variation des volumes de dioxyde de carbone et d'oxygène dans la fumée avec excédent d'air	6
2.4	Effet de l'excédent d'air sur le rendement du calorifère	7
2.5	Courbes typiques de la fumée à l'allumage et à l'arrêt au numéro indicateur 1 en régime équilibré	8
3.1	Le conduit d'échappement est-il corrodé?	11
3.2	Examen de la flamme à l'aide du miroir à flamme	12
3.3	Nettoyage du protectorelais à l'aide d'une brosse à soies douces	12
3.4	Échangeur de chaleur facile à nettoyer (canaux horizontaux)	13
3.5	Échangeur de chaleur difficile à nettoyer (canaux concentriques)	13
3.6	Écoulement d'air réduit à cause de dépôts de saleté sur les lames	13
3.7	Entretien du filtre à mazout	14
3.8	Entretien du brûleur	14
3.9	Gicleur propre et gicleur encrassé	15
3.10	Purge de la pompe et des conduits de mazout	15
3.11	Réglage de la pression de la pompe	16
3.12	Localisation du trou de mesure	16
3.13	Dilution causée par la soupape barométrique	17
3.14	Jauges de tirage	17
3.15	Utilisation d'un analyseur de fumée	18
3.16	Ajustement du ruban de réglage de l'entrée d'air aux numéros indicateurs 1 ou 2 (sauf dans le cas des brûleurs à flamme bleue)	18
3.17	Mesure du dioxyde de carbone dans le conduit d'échappement	19
3.18	Mesure de la température dans la cheminée	19
3.19	Changement de la température de la fumée au cours du fonctionnement en régime de transition, alimentation faite au rythme de 1,0 GPH (US)	20
3.20	Erreur de mesure de la température de la fumée dans la cheminée due à des écarts entre la température réelle et celle indiquée par le thermomètre	20
3.21	Effet de la température extérieure sur le rendement du calorifère	21
4.1	Effet de la température extérieure sur la consommation	23
4.2	Effet sur la consommation d'une réduction de 5°C du réglage du thermostat pendant la nuit	23
4.3	Effet de la réduction du taux d'alimentation sur la consommation	24
4.4	Effet de la température extérieure sur le rythme de fonctionnement du calorifère	24
4.5	Température de l'air chaud dans le cas de commandes de mise en marche et d'arrêt à 65,5°C et à 49°C	25
4.6	Installation d'une déviation pour système de distribution par convection forcée dans ce qui était à l'origine un système à l'eau chaude à convection naturelle	27
5.1	Brûleur à tête de retenue	29
5.2	Têtes de retenue pour divers taux d'alimentation	29
5.3	Têtes classiques	29
5.4	Amélioration de l'efficacité des brûleurs résidentiels au mazout entraînée par l'installation de têtes de retenue	30

Numéro		Page
5.5	Effet de l'amélioration du rendement d'un brûleur sur la consommation de combustible	31
5.6	Étapes à suivre pour l'installation d'une tête de retenue sur un brûleur classique	32
5.7	Disposition habituelle des électrodes par rapport à la tête de retenue	33
5.8	Schéma d'une chaudière et d'un calorifère au mazout indiquant la position du régulateur du tirage de la cheminée	35
5.9	Effet du régulateur du tirage de la cheminée sur la consommation de combustible	35
B.1	Détermination du facteur K d'après les degrés-jours (°C) et la consommation de combustible (litres)	44
B.2	Détermination du facteur K d'après les degrés-jours (°C) et la consommation de combustible (gallons)	44
B.3	Graphique de sélection du calibre du gicleur en fonction du facteur K et de la température théorique de janvier	45
B.4	Calibre de gicleur requis pour un rendement mesuré et de 80 %	46
C.1	Données de combustion, d'après le poids	48
C.2	Données de combustion, d'après le volume	49
C.3	Perte de fumée sèche pour une gamme d'écarts de température	50
C.4	Perte d'hydrogène pour une gamme de températures dans la cheminée	51
C.5	Perte de chaleur pour une gamme de concentrations d'oxyde de carbone	52

TABLEAUX

Numéro		Page
2.1	Facteurs influant sur la consommation de combustion	4
2.2	Détérioration de la température dans la cheminée et du rendement du calorifère tout au long d'une saison de chauffage dans un grand nombre de calorifères à différents numéros indicateurs de teneur en suie	8
7.1	Rendement de divers brûleurs au mazout	41

Remerciements

Nous tenons vivement à remercier M. T.D. Brown de sa participation à l'élaboration conjointe des premiers séminaires sur lesquels se basent certaines parties du présent document.

Les ébauches initiales du document ont été préparées de concert avec M. J. Foxx, rédacteur technique.

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

L'augmentation du prix du pétrole et le fait que cette ressource ne soit pas renouvelable, tant au Canada que dans le monde, ont encouragé la recherche sur l'utilisation efficace des importantes ressources pétrolières dans le chauffage, les transports et les procédés industriels. Le travail effectué au Laboratoire canadien de recherche sur la combustion (LCRC) à Ottawa a notamment démontré que le système classique de chauffage résidentiel au mazout peut être considérablement amélioré et ainsi donner lieu à une diminution de consommation.

Le présent ouvrage explique comment améliorer le rendement des systèmes de chauffage résidentiel au mazout tant en modifiant ou en augmentant l'importance accordée à l'entretien périodique qu'en apportant des modifications au système.

Par le passé, alors que le propriétaire jouissait encore d'une énergie peu coûteuse et apparemment abondante, le préposé à l'entretien devait s'efforcer de respecter les deux critères suivants: le calorifère ("la fournaise") devait bien chauffer la maison et ce, en toute sécurité. De façon générale, ces deux éléments étaient assurés et le propriétaire satisfait; dans ces conditions, le travail était réellement bien fait.

Aujourd'hui, le prix du chauffage résidentiel a brusquement augmenté; naturellement, le consommateur cherche à réduire ses frais. Il prend conscience du fait que l'efficacité de son système de chauffage est importante. Ainsi, le rôle du préposé à l'entretien doit également changer; il devient un spécialiste du rendement énergétique. Le présent guide lui enseignera les connaissances de base nécessaires pour lui permettre de bien jouer ce rôle. Il s'adresse aux spécialistes expérimentés et actifs. Bien que les renseignements sur l'entretien classique semblent familiers à certaines personnes, la partie principale du guide devrait intéresser quiconque travaille dans ce domaine. On y explique les différentes facettes de l'évaluation et du rendement véritable des calorifères ainsi que les moyens d'améliorer considérablement l'efficacité des systèmes.

Fort de cette connaissance, vous pouvez vraiment être l'expert que cherche le propriétaire. Disposant des moyens d'assurer l'utilisation maximale de nos combustibles liquides, vous pouvez apporter une importante contribution à la stratégie énergétique du Canada.

CHAPITRE 2

EFFICACITÉ

Connaître les faits

Dans le passé, l'efficacité du système de chauffage résidentiel revêtait assez peu d'importance; c'est pourquoi peu d'études approfondies ont été faites à ce sujet. Ainsi, dans un certain nombre de domaines, les ingénieurs spécialisés en chauffage ne pouvaient se prononcer avec certitude. Dans le métier, par conséquent, beaucoup de pratiques courantes sont fondées sur des renseignements erronés ou incomplets.

Le LCRC du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources s'est attaqué à la tâche d'élaborer une base de données réelles sur l'entretien et le fonctionnement des systèmes de chauffage domestiques. À cette fin, les chercheurs ont mené en laboratoire des études longues et approfondies de toute une gamme d'appareils de chauffage à la demande de l'organisation appelée à l'époque l'Oil Heating Association of Canada, ainsi que de sociétés pétrolières, de certains fabricants et de consommateurs. Pendant plusieurs hivers, ils ont également fait des études soignées dans un grand nombre de maisons chauffées au mazout dans la région d'Ottawa, en mesurant notamment la consommation de combustible, le nombre de cycles et les heures de fonctionnement. Les résultats ont été mis en corrélation avec des paramètres tels que la température extérieure et les conditions atmosphériques, le réglage des thermostats et l'isolation thermique des habitations.

Les réglages des thermostats et les taux d'allumage de même que les vitesses et les cycles des ventilateurs variaient. Le rendement des brûleurs a été considérablement modifié, tandis que les pertes de tirage ont été réduites. Bref, toutes les possibilités ont été mises à l'essai et les résultats ont été soigneusement enregistrés dans des conditions réelles de fonctionnement. Les résultats de ces études permettent maintenant aux chercheurs d'affirmer avec assez de certitude que la consommation de combustible variera de telle ou telle façon en fonction des modifications apportées. Maintenant qu'il dispose de ce genre d'information, le préposé à l'entretien et à la réparation est à même de juger du rendement d'un système et des possibilités de l'améliorer.

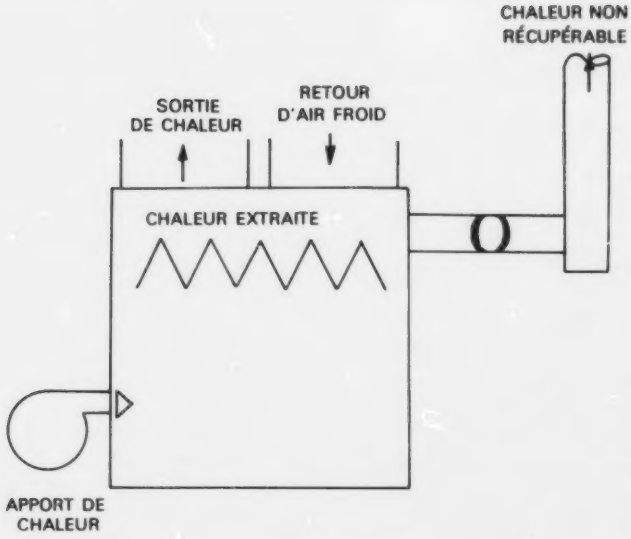
À la suite des études du LCRC, beaucoup de mythes au sujet des systèmes de chauffage ont été dissipés. Il faudra un certain temps pour s'habituer à certaines pratiques, étant donné qu'elles sont contraires à la pratique courante. Ainsi, il faut se débarrasser de la notion que "plus c'est gros, mieux c'est". Un calorifère suralimenté chauffe bien la maison; toutefois, il en résulte un gaspillage important de combustible. Dans la plupart des cas, le taux de combustion peut être réduit tout en gardant la maison bien chauffée et en économisant beaucoup de combustible. Une autre croyance populaire erronnée voudrait que le fait d'abaisser la température n'apporte aucune économie sensible de combustible. En réalité, il s'agit là d'une des façons les plus simples et les plus efficaces de réduire la consommation. Tout au long du présent guide, le préposé à l'entretien verra que beaucoup d'autres idées fort répandues au sujet de l'entretien et du fonctionnement des calorifères sont erronnées.

Qu'entend-on par efficacité du calorifère?

Expliquée de la façon la plus simple, l'efficacité du calorifère se mesure à la quantité d'énergie calorifique du combustible qui est réellement disponible pour chauffer la maison. L'efficacité est généralement exprimée en pourcentage. Par exemple, une efficacité de 60 % signifie que pour 100 unités de chaleur calorifique présentes dans le combustible, 60 en sont extraites pour satisfaire à la demande d'énergie de la maison; le reste s'échappe par la cheminée sous forme de chaleur non récupérable, tel qu'illustré à la figure 2.1. Avant d'entrer dans le détail de l'efficacité, il peut être utile d'examiner comment fonctionne l'interaction entre la maison et le système de chauffage. Le tableau 2.1 donne un résumé des facteurs qui influent sur la consommation. La colonne de gauche présente les facteurs de demande, c'est-à-dire les raisons pour lesquelles le système de chauffage doit fournir de la chaleur. La colonne de droite comporte les facteurs de rendement, c'est-à-dire la capacité du système de chauffage à fournir la chaleur.

La température requise à l'intérieur de la maison, et réglée au moyen du thermostat, constitue le premier facteur de la demande. Plus on élève la température, plus la demande est grande.

En même temps, la maison subit une perte constante de chaleur vers l'extérieur. Ces pertes peuvent être divisées en deux catégories, les pertes par



$$\text{EFFICACITÉ} = \frac{\text{CHALEUR EXTRAITE}}{\text{APPORT DE CHALEUR}} \times 100$$

$$= \frac{\text{APPORT DE CHALEUR} - \text{CHALEUR NON RÉCUPÉRABLE}}{\text{APPORT DE CHALEUR}} \times 100$$

Figure 2.1 **Acheminement de la chaleur et efficacité du calorifère.**

transmission et les pertes par ventilation. Les **pertes par transmission** consistent en pertes de chaleur directes s'échappant à travers les matériaux de la construction – les murs, les vitres, le toit, etc. L'isolation thermique permet de limiter considérablement ce genre de perte. Plus la maison est isolée, moins il y a de pertes par transmission. Les **pertes par ventilation** se produisent lorsque la chaleur s'échappe directement par des ouvertures dans l'enveloppe de la maison. Elles sont elles-mêmes subdivisées en deux. Il s'agit, en premier lieu, de la perte de chaleur causée par l'infiltration et les fuites d'air par les interstices autour des portes, des fenêtres, des fondations, etc. La meilleure façon de diminuer ces pertes est de calfeutrer ou de poser un coupe-bise. En second lieu, les pertes dépendent directement du système de chauffage. Quand le brûleur ne fonctionne pas, la grande ouverture directe à l'extérieur qu'offre la cheminée permet à l'air chaud de s'échapper ou à l'air froid de pénétrer par effet de tirage descendant.

Une maison perdra plus ou moins de chaleur à cause de ces facteurs selon la différence entre les températures intérieure et extérieure. Par conséquent, le réglage du thermostat ainsi que la température extérieure se révèlent des facteurs de demande importants. Évidemment, plus il fait froid, plus il faut chauffer.

Les **facteurs de rendement** sont une mesure de la capacité du système de chauffage à fournir la chaleur requise. Dans tout système de chauffage au mazout, il faut tenir compte de deux aspects fondamentaux du rendement: l'efficacité en régime équilibré et l'efficacité en régime de transition. La première est celle à laquelle sont habitués la plupart des techniciens. Toutefois, de 10 à 15 min doivent s'écouler après l'allumage du brûleur avant que le système n'atteigne le palier nécessaire (c'est-à-dire fonctionne en régime équilibré) tel qu'illustré à la figure 2.2. Jusqu'à ce que ce palier soit atteint, le calorifère fonctionne dans des conditions du deuxième aspect, c'est-à-dire en régime de transition. Aucun système physique n'est aussi efficace en régime de transition que lorsqu'il a atteint un équilibre avec ce qui l'entoure. Il suffit, pour le constater, de faire la comparaison avec une voiture. La voiture consomme beaucoup plus d'essence lorsqu'elle passe de 0 à 100 km/h, que lorsqu'elle a atteint sa vitesse de croisière.

TABLEAU 2.1

Facteurs influant sur la consommation de combustible

Facteurs de demande (maison)		Facteurs de rendement (système de chauffage)
Besoins en chaleur	Pertes de chaleur	Efficacité en régime équilibré
Thermostat	Transmission	Fonctionnement en régime de transition
	Infiltration	
	Pertes par temps morts	Air de dilution

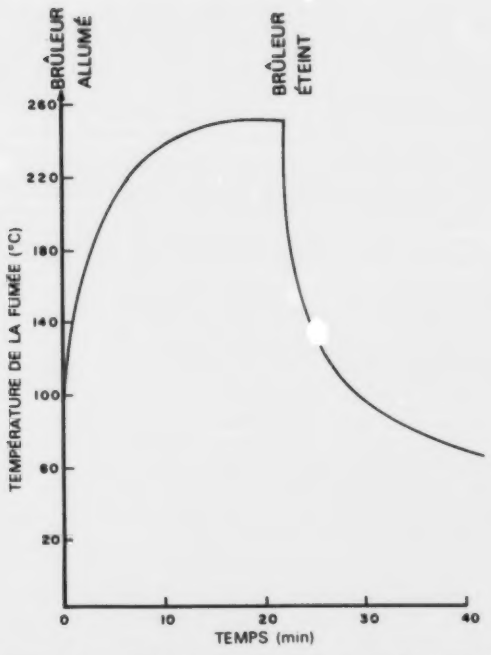


Figure 2.2 **Changement de la température de la fumée au cours du régime de transition, gicleur de 0,85 GPH (US).**

Efficacité en régime équilibré

La méthode employée pour mesurer l'efficacité en régime équilibré s'appelle méthode indirecte ou méthode de perte de chaleur. Le pourcentage de perte de chaleur dans la cheminée est déterminé une fois que le système a atteint un équilibre et que la température de la fumée a atteint un palier; pour établir la quantité de chaleur qui circule dans la maison, il suffit alors de soustraire la perte enregistrée de 100. Cette méthode comporte l'avantage de ne faire appel qu'à deux mesures assez simples pour déterminer le rendement, c'est-à-dire le volume excédentaire d'air dans la fumée évalué d'après la teneur en dioxyde de carbone (CO_2) ou en oxygène (O_2), et la température dans la cheminée.

Bien qu'il soit nécessaire de connaître d'autres paramètres pour déterminer l'efficacité, leur mesure a déjà été prise ailleurs. Par exemple, le potentiel énergétique du combustible, ou plutôt la valeur calorifique brute (valeur de chauffage accrue), est évalué avec beaucoup de précision en laboratoire. Même s'il n'est pas exprimé numériquement lors de la vérification du rendement en régime équilibré, il sert à établir la règle à calcul spéciale ou le tableau qui lui sert à trouver le pourcentage d'efficacité.

Il faut toujours se rappeler que l'efficacité en régime équilibré ne représente qu'une seule partie de l'évaluation du rendement d'un système de chauffage. Les pertes en régime de transition et hors cycle jouent également un rôle important dans la consommation du système du chauffage.

Paramètres de combustion

Pour comprendre et contrôler le rendement du calorifère, il faut connaître le combustible consumé par le brûleur, les matériaux dont se compose la maison, et les gaz qui s'échappent par la cheminée. Le brûleur est le dispositif au moyen duquel un mélange contrôlé de gouttelettes de mazout et d'air s'enflamme et brûle dans la chambre de combustion. Les gaz chauds que dégage la flamme circulent dans l'échangeur de chaleur du système pour ensuite s'échapper par la cheminée. Une certaine quantité de chaleur extraite de gaz d'échappement par l'échangeur de chaleur est acheminée dans la maison sous forme d'air chaud ou d'eau chaude, et le reste de la chaleur s'échappe par la cheminée sous forme de chaleur non récupérable et se répand dans l'air comme l'illustre la figure 2.1. La capacité du système à donner un bon rendement dépend principalement de la capacité du brûleur à assurer la combustion avec un minimum d'air excédentaire et de la capacité de la flamme à procurer autant de chaleur que possible à l'échangeur de chaleur.

Excédent d'air

Lorsque le brûleur fonctionne, le mazout est vaporisé dans la chambre de combustion d'une façon déterminée à l'avance et à un taux constant. Pour que ce combustible brûle complètement, il faut que le ventilateur du brûleur (cage d'écureuil) assure un certain débit d'air. S'il n'y a pas assez d'air, la flamme est orange, lourde et fumeuse et produit beaucoup de suie. Un débit d'air bien ajusté ou légèrement excédentaire donne une flamme brillante et propre.

Un trop grand débit d'air ne provoque qu'une différence à peine appréciable de l'apparence de la flamme mais réduit sensiblement le rendement du calorifère, parce que l'excédent d'air est mélangé avec la fumée chaude et se trouve lui aussi chauffé avant de quitter le calorifère. On ne chauffe rien pour rien. Une certaine quantité de mazout doit être brulée pour chauffer l'air de la maison. Si trop d'air circule dans le système de chauffage, il s'ensuit qu'une certaine quantité de mazout sert tout simplement à chauffer ce surplus. Autrement dit, une partie du combustible sert à chauffer de l'air

inutile qui s'échappe par la cheminée. Plus l'excédent d'air qui circule dans le brûleur est grand, moins le rendement sera bon. Le ruban de réglage monté sur le brûleur contrôle en grande partie l'entrée d'air tandis que le tirage (réglé par la soupape barométrique) n'a qu'un faible effet. La présence d'un grand volume d'air excédentaire élève la température dans la cheminée à cause de la trop forte circulation enregistrée dans le système. Cette température élevée dans la cheminée réduit le rendement du calorifère.

Effet du tirage

Pour soustraire le calorifère aux changements qui peuvent se produire dans le tirage de la cheminée, une soupape barométrique est installée sur le conduit d'échappement entre le calorifère et la cheminée. La plaque de la soupape pivote de façon à laisser entrer plus ou moins d'air des pièces selon que l'appel d'air dans la cheminée augmente ou diminue; de cette façon, le tirage demeure constant tant que cet appel d'air ne dépasse pas la capacité de la soupape barométrique. Une fois que le tirage se trouve ainsi stabilisé, le ruban de réglage de l'entrée d'air monté sur le brûleur contrôle le volume d'air exigé pour la combustion.

Étant donné que le réglage de l'entrée d'air influe directement sur le rendement du calorifère, il faut toujours procéder à l'aide d'un analyseur de fumée dont la lecture devrait normalement indiquer 1 ou 2, à moins qu'il ne s'agisse d'un brûleur à flamme bleue, pour lequel la lecture de l'analyseur de fumée doit indiquer 0.

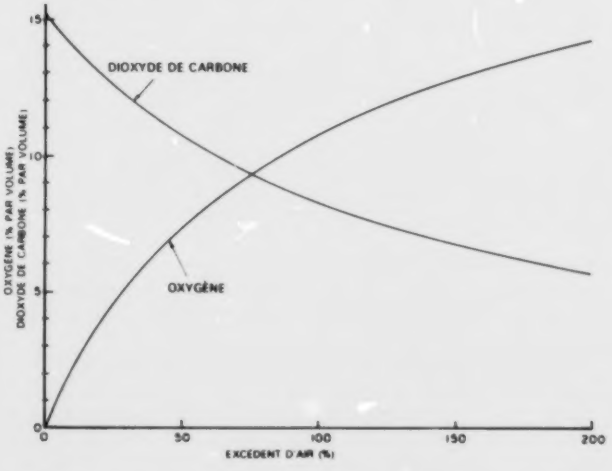


Figure 2.3 **Variation des volumes de dioxyde de carbone et d'oxygène dans la fumée avec excédent d'air.**

Il y a deux façons de mesurer l'excédent d'air. Il s'agit généralement de mesurer la concentration de dioxyde de carbone (CO_2) dans les gaz d'échappement. Les calorifères et les chaudières fonctionnent généralement avec de 6 à 11 % de CO_2, le chiffre le plus élevé représentant le moins d'air excédentaire. On peut également mesurer la concentration d'oxygène (O_2) dans la fumée. Dans ce cas, un fonctionnement normal suppose de 13 à 6 % de O_2, le chiffre le moins élevé représentant le moins d'air excédentaire. La figure 2.3 illustre la relation entre les concentrations de dioxyde de carbone et d'oxygène et le pourcentage réel d'air excédentaire dans le cas de mazout n° 2, couramment employé au Canada.

Température dans la cheminée

La température de la fumée d'un calorifère ou d'une chaudière résidentielle ne doit pas dépasser 400°C (750°F), sinon il y aurait danger d'incendie. Cela met également en évidence l'inefficacité du système. Par contre, sur les systèmes classiques, la température dans la cheminée doit atteindre au moins 175°C (350°F) afin d'empêcher la condensation et la corrosion sur la face intérieure de la cheminée et peut-être à l'extrémité de l'échangeur de chaleur. À l'heure actuelle, les températures de fonctionnement des systèmes se situent entre ces deux extrêmes.

La température de la fumée provenant de l'échangeur de chaleur dépend de la quantité de chaleur extraite des gaz et transférée au fluide caloporteur (air ou eau). Plus il y a de chaleur extraite, moins la température dans la cheminée sera élevée. Dans tout calorifère, trois facteurs influent sur le transfert de chaleur se produisant dans l'échangeur de chaleur: le rythme auquel la chaleur est apportée au calorifère, la résistance à l'écoulement de la chaleur dans l'échangeur de chaleur et le rythme auquel la chaleur est extraite par la circulation de l'air ou de l'eau.

Le calibre du gicleur détermine le rythme auquel la chaleur est apportée au calorifère et est généralement exprimée en gallons américains à l'heure. Pour chaque calorifère, il existe un calibre ou une gamme de calibres précis.

La résistance à l'écoulement de la chaleur dans l'échangeur de chaleur atteint son niveau le plus bas lorsque ce dernier est parfaitement propre. Même un début de couche de suie sur ses surfaces agit comme une couche isolante dont la présence accroît la résistance à l'écoulement de la chaleur, réduisant de ce fait la quantité de chaleur extraite des gaz chauds. Il en résulte que la température dans la cheminée s'élève tandis que le rendement faiblit.

La vitesse d'extraction de la chaleur de l'échangeur de chaleur dépend du rythme auquel l'air en circulation enlève la chaleur du capuchon; plus la vitesse est grande, plus rapidement se fait l'échange de chaleur. Une courroie de ventilateur desserrée, des filtres encrassés, des registres bloqués, etc. ralentissent la circulation, la chaleur ne pourra pas être extraite aussi rapidement et l'écoulement de chaleur faiblira; il en résultera une fois encore une température plus élevée dans la cheminée et une efficacité moindre.

Combustion incomplète

Bien que tout combustible qui ne brûle pas complètement gaspille de l'énergie, l'efficacité de la combustion (évaluation du pourcentage de la combustion) d'un brûleur au mazout dépasse généralement 99,9 %. Cela équivaut à dire qu'aucune énergie n'est gaspillée. L'efficacité de la combustion ne deviendra un facteur important que dans le cas d'un brûleur vraiment mal ajusté ou mal installé. Un manque d'air produit de la suie et de l'oxyde de carbone (CO).

Par contre, une trop grande quantité d'air peut produire des volumes de combustible non brûlé dans les gaz d'échappement. Ainsi, les seules pertes réelles d'efficacité proviennent du combustible non brûlé. Les pertes réelles qu'entraîne la production de fumée, même abondante, sont minimes étant donné que cette fumée ne représente qu'une très faible quantité de combustible.

Même si la production de suie n'entraîne aucune perte directe d'énergie, l'accumulation de dépôts sur les surfaces de l'échangeur de chaleur fait bien sûr baisser le rendement du calorifère entre les nettoyages.

L'ensemble

Trois facteurs influent sur l'efficacité d'un calorifère en régime équilibré: l'excédent d'air, la température dans la cheminée et la production de fumée. Les deux premiers ont un effet immédiat et direct sur le rendement tandis que le troisième n'a qu'une influence légère et graduelle. Toutefois, l'interrelation de ces facteurs rend impossible tout changement d'un des éléments, indépendamment des deux autres. Par exemple, le fait de diminuer l'excédent d'air abaissera la température dans la cheminée et produira plus de fumée.

La figure 2.4 illustre les résultats de mesures faites dans un calorifère au fur et à mesure que le ruban de réglage de l'entrée d'air était ajusté pour faire

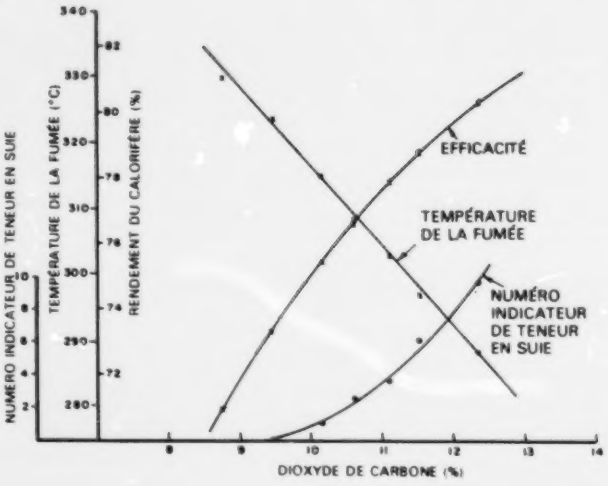


Figure 2.4 Effet de l'excédent d'air sur le rendement du calorifère.

varier le niveau de CO_2 dans l'excédent d'air de 8 à 13 %. Le graphique indique, à gauche, qu'une faible teneur en CO_2 – grand surplus d'air – élève la température dans la cheminée et réduit le rendement. À ce moment-là, le numéro indicateur de teneur en suie égale 0 à cause de la présence du grand volume d'air excédentaire. Au fur et à mesure que l'entrée d'air est réduite, la température de la cheminée baisse et le rendement augmente. Il n'y a pas de fumée jusqu'à ce que la teneur en CO_2 atteigne environ 11 % et, au fur et à mesure que le numéro indicateur de teneur en suie augmente, le rendement fait de même. Ainsi que l'auteur l'établira plus tard dans le texte, le réglage optimal pour obtenir le meilleur rendement possible du calorifère sur une longue période de temps se situe au numéro 2 de l'indicateur de teneur en suie.

Le chapitre 3 explique en détail la mesure de ces paramètres.

Régime de transition vs régime équilibré

Les renseignements contenus dans les paragraphes précédents valent pour un calorifère ou une chaudière fonctionnant en régime équilibré, c'est-à-dire à températures stabilisées. La chambre de combustion, l'échangeur de chaleur, le conduit d'échappement et la cheminée ont atteint leur température maximale. Toutefois, il faut également considérer ces aspects du processus se produisant entre l'allumage et le moment où la température de fonctionnement est atteinte. La

figure 2.2 illustre comment la température de la fumée augmente dans un calorifère au moment de l'allumage à froid jusqu'à ce que le système fonctionne en régime équilibré. Au cours de cette période, les conditions de fonctionnement sont loin d'être idéales. Il faut attendre en moyenne 10 min avant que la température dans la cheminée n'ait atteint son point culminant.

Production de fumée

Au cours des quelques premières minutes de fonctionnement, la flamme produit beaucoup de suie, comme l'illustre la figure 2.5. Après 1,5 min environ, le volume de fumée se stabilise ensuite pour donner un numéro indicateur normal de teneur en suie (dans le cas présent, 1) jusqu'à ce que le brûleur s'éteigne. À ce moment-là, le ventilateur du brûleur cesse de fonctionner, mais une petite quantité de mazout continue de gicler, par siphonnement. Le contact de ce mazout avec le gicleur chaud produit une carbonisation intense, particulièrement parce que l'alimentation en air devient insuffisante à ce point; et ainsi se produit la deuxième hausse du numéro indicateur. Il en résulte que presque toute la suie déposée sur les surfaces d'échange de chaleur provient de cette production massive de suie chaque fois que le brûleur s'allume et s'éteint. Heureusement, il y a moyen d'éviter en grande partie cette accumulation de suie en équipant le brûleur d'une soupape

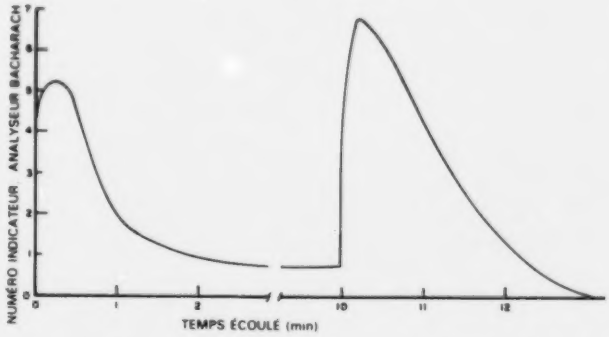


Figure 2.5 **Courbes typiques de la fumée à l'allumage et à l'arrêt au numéro indicateur 1 en régime équilibré.**

solénoïdale à action différée (voir Soupape solénoïdale, chapitre 5). Un autre dispositif, l'embrayage à friction, contribue lui aussi à réduire la formation de suie durant le cycle, bien qu'il puisse entraîner d'autres problèmes car la présence de vapeurs de mazout sur les pièces peut causer des glissements.

La plupart des gens ne savent pas qu'un calorifère classique, sans une soupape solénoïdale à action différée ou un embrayage à friction, produit plus de fumée au début et à la fin du cycle qu'en période de régime équilibré au numéro 2 de teneur en suie.

TABLEAU 2.2

Détérioration de la température dans la cheminée et du rendement du calorifère tout au long d'une saison de chauffage dans un grand nombre de calorifères à différents numéros indicateurs de teneur en suie

Numéro indicateur	Paramètre	Novembre	Avril	Détérioration saisonnière
0	Température, °C	326	341	14
	Rendement, %	74,0	73,0	1,0
1 - 3	Température, °C	291	307	15
	Rendement, %	77,4	76,5	0,9
4 - 9	Température, °C	306	333	27
	Rendement, %	77,8	76,3	1,5

Le tableau 2.2 donne les résultats d'une étude du rendement des calorifères dans un grand nombre de domiciles durant une saison de chauffage. L'étude révèle que le propriétaire d'un domicile peut tirer avantage de son calorifère, même lorsque ce dernier n'est pas muni d'une soupape solénoïdale, pourvu qu'il le maintienne réglé au numéro indicateur 2 plutôt qu'au numéro 0. L'application de cette mesure révèle, à la fin de l'année, que le rendement atteint dépasse d'environ 3,5 % celui des calorifères réglés au numéro indicateur 0. De plus, la détérioration du calorifère ne s'en trouve pas accélérée. Ce n'est qu'au numéro 4,9 que la production de suie, en temps de fonctionnement en régime équilibré, commence à influencer la production de suie lors de la mise en marche et de l'arrêt.

Fonctionnement du ventilateur

Le calorifère fonctionne pendant un certain temps jusqu'à ce que l'accumulation de chaleur soit telle qu'elle cause la mise en marche du ventilateur. Le ventilateur continue de fonctionner durant un certain laps de temps après l'extinction du brûleur, soit jusqu'à ce que la température dans le capot atteigne le point d'arrêt. Étant donné le peu de différence entre la température normale de démarrage et celle d'interruption du ventilateur, soit de 65,5°C (150°F) et 49°C (120°F) respectivement, le degré de chaleur atteint dans le calorifère, au moment où cesse de fonctionner le ventilateur, varie à peine de celui produit par le brûleur avant la mise en marche du ventilateur. Où va cette chaleur? La plus grande partie s'échappe par la cheminée. Cette perte se produit chaque fois que le calorifère se met en marche et s'arrête.

Voilà la source de l'importante différence entre le rendement en régime équilibré et le rendement réel du calorifère en fonctionnement normal. Pour faire des économies, il suffit de prolonger la durée du cycle de fonctionnement, en ramenant les températures de démarrage et d'interruption du ventilateur à 49°C (120°F) et 32°C (90°F) respectivement. (Pour plus de détails à ce sujet, voir le chapitre 4).

Autres façons d'améliorer le rendement

Il y a un autre genre de perte de chaleur qui n'est pas relié au chauffage; il s'agit des pertes d'air chaud du sous-sol par la soupape barométrique et la cheminée comme l'illustre la figure 3.13. Tant et aussi longtemps que le tirage est assez fort pour ouvrir cette soupape barométrique, de l'air chaud de la maison s'échappera par ces voies. Cet air chaud perdu est constamment remplacé par de l'air froid de l'extérieur. Pour remédier partiellement à cette situation, il s'agit d'installer un régulateur de tirage de cheminée positif dans le conduit d'échappement afin d'arrêter les pertes d'air lorsque le calorifère ne fonctionne pas (voir Régulateur du tirage de la cheminée, chapitre 5).

Un taux d'alimentation réduit exige que le calorifère ou la chaudière fonctionne plus longtemps pour fournir la même quantité de chaleur; ainsi, le régime de l'unité de chauffage sera plus équilibré tout au long de la saison de chauffage et fournira donc un meilleur rendement. Du même coup, la réduction du temps d'arrêt résultera également en une réduction des pertes d'air chaud par la cheminée en période d'interruption. (Pour plus de détails à ce sujet, voir Installation d'un gicleur plus petit, chapitre 4.)

CHAPITRE 3

ENTRETIEN ANNUEL

Une révision complète du système de chauffage du client est généralement faite à chaque année. Vu l'intérêt qu'il devrait porter à tout le système de chauffage, sa visite ne doit pas se borner tout simplement au nettoyage et à la mise au point du calorifère. Toutes les pièces du système devraient être vérifiées et réparées, s'il y a lieu. Ce serait une grave erreur que d'accorder une importance "mineure" à une pièce quelconque du système si son mauvais fonctionnement nuit d'une certaine façon au client, lui fait perdre de l'argent ou l'oblige à recourir à un rappel toujours coûteux du technicien.

La publication intitulée Les systèmes de chauffage: guide du consommateur (Référence n° 9) donne un aperçu de ce que comporte un entretien annuel du calorifère.

Inspections

Avec peu d'effort, vous pouvez faire une inspection visuelle de plusieurs parties importantes pendant que vous transportez vos outils du camion au sous-sol. La plupart des préposés à l'entretien le font probablement sans même y penser.

1. Tuyaux de remplissage et de ventilation. Vérifiez s'ils ont des fuites ou sont endommagés.

2. Vérification du bon fonctionnement de la jauge de combustible.

3. Conduits de mazout. Une inspection rapide permet de déceler fuites et dommages.

4. Conduit d'échappement. Voyez s'il y a des traces de corrosion sur ce conduit de la sortie du calorifère à la cheminée. S'il est en mauvais état (fig. 3.1), il faut le dire au client. Bien sûr, vous ne pouvez forcer le client à le faire réparer mais vous devez certainement essayer de le convaincre. Il s'agit là d'un danger d'incendie et rappelez-vous que des conduits corrodés permettront à l'air de pénétrer dans le conduit d'échappement. Une telle situation fera obstacle au bon contrôle du tirage et faussera toute mesure faite au cours de l'entretien si la corrosion se situe en amont du point de mesure.

5. Enveloppe du calorifère. Vérifiez les parois externes du calorifère pour y déceler des traces de suie. Leur présence pourrait signifier des problèmes de tirage ou peut-être une mauvaise position des électrodes, retardant ainsi l'allumage et causant un retour de fumée lors de la mise en circuit.

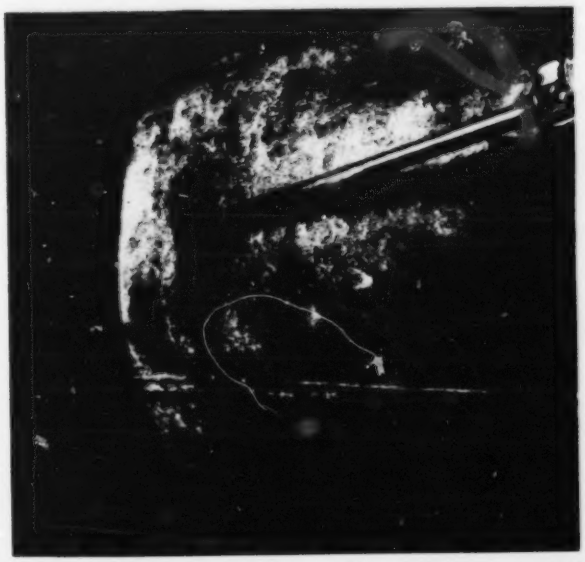


Figure 3.1 Le conduit d'échappement est-il corrodé?

6. Conduits d'air chaud. Vérifiez rapidement l'état des conduits dans le sous-sol, plus particulièrement autour de l'humidificateur pour y déceler des signes de fuites ou de corrosion.

7. Canalisations d'eau chaude. Dans les maisons chauffées à l'eau chaude, vérifiez les canalisations pour y déceler les fuites.

8. Fonctionnement du calorifère. Faites démarrer le calorifère et laissez-le fonctionner pendant quelques moments. Pendant ce temps, ouvrez le hublot d'inspection et examinez la flamme ainsi que l'intérieur de la chambre de combustion à l'aide d'un miroir à flamme (fig. 3.2). D'après la forme et la couleur de la flamme, vous pouvez évaluer l'état du brûleur; profitez également de l'occasion pour déceler tout défaut majeur de la chambre de combustion. Au cours de cette courte période de fonctionnement, tout problème vraiment grave aura eu le temps de se manifester.

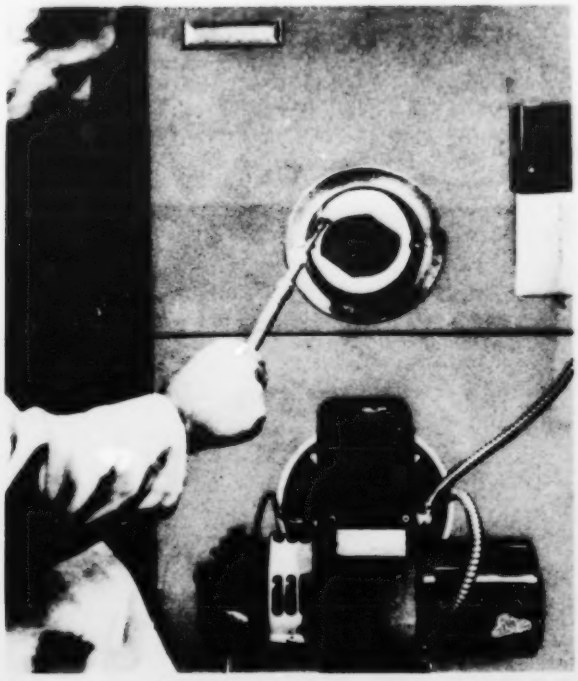


Figure 3.2 **Examen de la flamme à l'aide du miroir à flamme.**

Figure 3.3 **Nettoyage du protectorelais à l'aide d'une brosse à soies douces.**

Nettoyage et mise au point

Quelle que soit la façon de procéder, le nettoyage d'un calorifère demeure toujours une tâche sale et désagréable. Toutefois, il est essentiel pour assurer le fonctionnement efficace et fiable du système de chauffage. À moins d'un nettoyage complet, le client commence la saison de chauffage avec un calorifère inférieur dont le rendement ne peut qu'empirer, et fait de plus face à une regrettable perte d'argent qu'il pourrait autrement éviter. Voici comment procéder au nettoyage.

1. Le conduit d'échappement. S'il semble en bon état, retirez-le de l'échappement du calorifère et jetez un coup d'œil à l'intérieur. Nettoyez toute accumulation de suie.

2. La soupape barométrique. Vérifiez-en le mouvement. Enlevez à l'aide d'une brosse toute suie ou poussière, surtout autour des pivots.

3. Le protectorelais. Ce dispositif installé sur certains calorifères mesure la température de la fumée dans le conduit d'échappement et éteint le brûleur si elle est trop basse. Les protectorelais sont ordinairement conçus de façon à fonctionner à des températures de 150° à 400°C (300° à 750°F). Des dépôts de suie s'accumulent sur le dispositif et forment éventuellement une couche isolante qui en ralentit le fonctionnement. Nettoyez soigneusement la suie avec une brosse à soies douces et vérifiez s'il y a de la corrosion ou autre dommages (fig. 3.3).

4. Base de la cheminée. Nettoyez les accumulations de dépôts à la base de la cheminée à l'aide d'une brosse et d'un aspirateur. En vous servant d'un miroir, assurez-vous qu'il n'y a aucune trace de dommage.

5. L'échangeur de chaleur. Qu'il soit facile, difficile ou presque impossible de nettoyer l'échangeur de chaleur dépend du modèle du calorifère. Certains appareils, plus particulièrement les calorifères à échangeur de chaleur à canaux horizontaux (fig. 3.4), sont dotés de couvercles d'extrémité amovibles qui vous permettent plus facilement d'avoir directement accès au conduit de l'échangeur de chaleur au moyen d'une brosse et d'un aspirateur. Dans certains autres modèles, il faut procéder au nettoyage par le conduit d'échappement et le préposé ne parvient pas à rejoindre toutes les canalisations au moyen de sa brosse. Le nettoyage complet des échangeurs de chaleur à canaux concentriques (fig. 3.5) est particulièrement difficile à accomplir. Mais le nettoyage aussi complet que

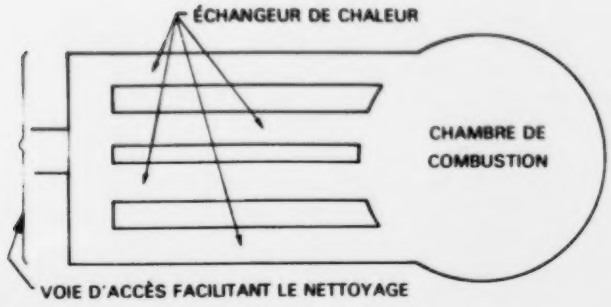


Figure 3.4 Échangeur de chaleur facile à nettoyer (canaux horizontaux).

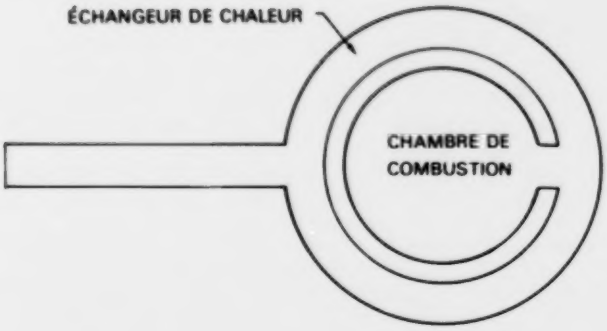


Figure 3.5 Échangeur de chaleur difficile à nettoyer (canaux concentriques).

possible de l'échangeur de chaleur s'impose car les dépôts de suie sont un des principaux facteurs d'affaiblissement du rendement et entraînent de plus une importante baisse de pression dans le système. Il faut quand même être réaliste. Le fait que la conception des calorifères ne permet pas un nettoyage complet peut ultérieurement devenir un facteur important dans la recherche des diverses façons d'améliorer le rendement. La partie consacrée aux rajustements à apporter pour améliorer le rendement donne plus de détails à ce sujet.

Vu la nature salissante ou très difficile du nettoyage de l'échangeur de chaleur dans certains modèles, le préposé a quelquefois recours à des **nettoyants chimiques.** Introduits dans la chambre de combustion pendant que le brûleur fonctionne, ils sont censés enlever les dépots de suie par réaction chimique. L'étude d'un certain nombre de ces produits a révélé qu'AUCUN n'a semblé très efficace. Certains délogent un peu de suie simplement en produisant de grandes flammes dont la faible pression force beaucoup de gaz dans l'échangeur de chaleur. Toutefois, bon nombre de ces nettoyants chimiques contiennent des substances corrosives susceptibles d'endommager l'échangeur de chaleur ou le revêtement intérieur de la chambre de combustion. **Bref, ne les utilisez pas.**

6. Le ventilateur et les filtres (calorifère à air chaud). Vérifiez les coussinets du ventilateur et la courroie d'entraînement pour y déceler toute trace d'usure et de tension. Lubrifiez le ventilateur et les coussinets du moteur avec quelques gouttes d'huile (à moins qu'il ne s'agisse de coussinets scellés). Inspectez les lames du ventilateur pour y déceler des dépôts de saleté ou de sciure et nettoyez-les au besoin. Ces dépôts dans les parties concaves des lames en changent la configuration, tel qu'illustré à la figure 3.6.

Ces dépôts réduisent de beaucoup la capacité du ventilateur à souffler de l'air et à extraire la chaleur du calorifère, réduisant ainsi le rendement du système. Tous les trois ans environ, et même plus souvent, il est nécessaire de démonter le ventilateur complètement et de le nettoyer.

7. Filtres à air. Vérifiez et nettoyez les filtres, ou remplacez-les au besoin. Un filtre bouché entravera la circulation d'air, réduisant de ce fait l'efficacité du système.

8. Pompe à eau. S'il s'agit d'un calorifère à eau chaude, examinez la pompe à eau et le moteur et lubrifiez-les au besoin.

9. Remontez le conduit d'échappement sur le calorifère et replacez le hublot d'accès au ventilateur. Assurez-vous de la position verticale de la soupape barométrique et de la position horizontale des pivots. Assurez-vous également que la soupape pivote librement.

Figure 3.6 Écoulement d'air réduit à cause de dépôts de saleté sur les lames.

Entretien du filtre à mazout

La cuve du filtre doit être nettoyée et la cartouche remplacée périodiquement (fig. 3.7). Aucun intervalle précis n'a été fixé pour cet entretien, étant donné qu'un certain nombre de facteurs entrent en jeu. Dans le cas d'un réservoir assez neuf et ne présentant aucun problème de contamination du combustible, il ne sera peut-être pas nécessaire de toucher au filtre avant trois ans ou plus. Dans les cas où le réservoir et le tuyau de remplissage sont un peu rouillés à l'intérieur, ou s'il y a eu des problèmes rattachés au combustible au cours de la saison précédente, il sera peut-être nécessaire de nettoyer le filtre plus souvent. S'il arrive fréquemment que le brûleur ne s'allume pas, les filtres peuvent souvent indiquer si le problème provient de la qualité du combustible utilisé; dans ce cas, le gicleur doit être également examiné. Marche à suivre pour l'entretien du filtre:

1. Fermez la valve du réservoir.
2. Enlevez la cuve du filtre et jetez-en le contenu.
3. Jetez la cartouche et le joint d'étanchéité.
4. Nettoyez la cuve avec un chiffon propre sans charpie.
5. Installez une nouvelle cartouche et un nouveau joint d'étanchéité.
6. Replacez la cuve en faisant attention à la position du joint d'étanchéité.
7. Ouvrez la valve et assurez-vous qu'il n'y a pas de fuites.

Figure 3.7 Entretien du filtre à mazout.

Il est possible de remplir la cuve du filtre à mazout avant de la resserrer en ouvrant légèrement la soupape du réservoir. Ceci empêchera l'air de pénétrer dans le conduit et, par conséquent, il ne sera pas nécessaire de purger la pompe plus tard.

Entretien du brûleur

Le rendement de tout le système dépend presque entièrement d'une composante particulière: le brûleur. L'entretien du brûleur comporte plusieurs étapes de base. Les détails de l'entretien varient à cause des différences de modèles. Il s'agit de procéder selon les étapes suivantes:

1. Ouvrez le brûleur pour avoir accès à l'intérieur.
2. Vérifiez les fils à l'intérieur pour déceler tout relâchement des raccords, effilochage du matériau isolant, etc.
3. Enlevez l'ensemble gicleur et électrodes après avoir indiqué les positions avant et arrière si cet ensemble est ajustable (fig. 3.8).
4. Vérifiez l'état des électrodes et des isolateurs. Enlevez tout dépôt qui s'est accumulé sur les électrodes et remplacez tout isolateur fendu ou endommagé.

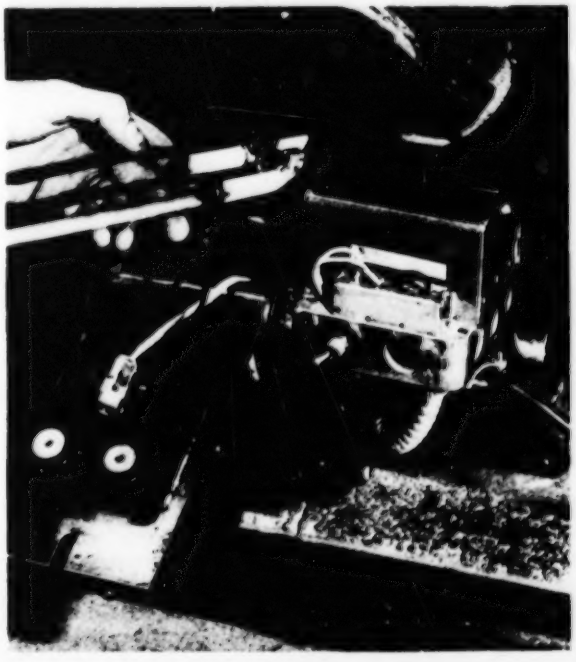


Figure 3.8 Entretien du brûleur.

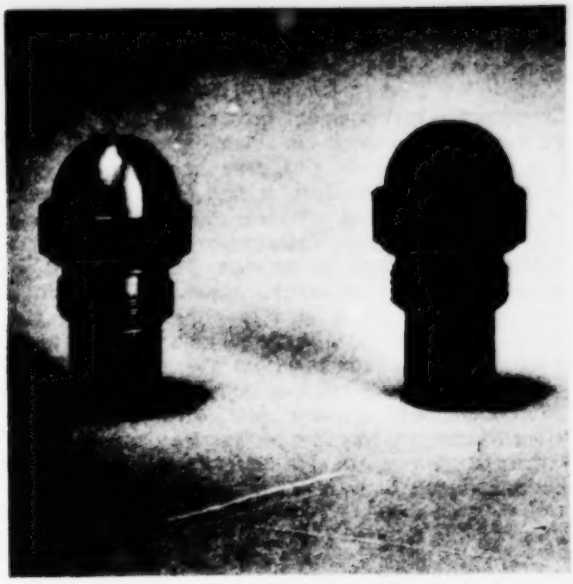


Figure 3.9 Gicleur propre et gicleur encrassé.

5. Remplacez le gicleur par un neuf (approuvé par l'ACNOR) à capacité de vaporisation et d'allumage indiqué (fig. 3.9). Les gicleurs sont fabriqués dans des limites de tolérance très précises de façon à donner le débit requis et un jet de fines gouttelettes de forme parfaite. En cours d'utilisation, le jet de mazout use graduellement les bords de l'orifice et une pellicule dure s'y dépose. La grosseur des gouttelettes augmente lentement et la forme du jet change. Il n'y a aucune façon pratique de remettre en état un gicleur, et toute tentative de nettoyage empirera probablement les choses. Il est bon de changer tous les ans le gicleur et d'en installer un selon les exigences particulières de chaque habitation (voir Installation d'un gicleur plus petit, chapitre 4).

6. Le raccord fileté qui retient le gicleur en place s'étirera et s'usera peu à peu, au fur et à mesure que se succèdent de nouveaux gicleurs. Après un certain nombre d'années, des fuites s'y produiront et il devra être remplacé; donc vérifiez-le et remplacez-le au besoin.

7. Assurez-vous que les électrodes se trouvent à la position indiquée par le fabricant, si vous disposez de cette information.

8. Montez l'ensemble gicleur et électrodes dans le brûleur.

9. Nettoyez le ventilateur, son boîtier et son moteur. La présence de saletés sur les lames d'un ventilateur en réduit de beaucoup la capacité d'apporter l'air nécessaire à la combustion et peut être une des raisons pour laquelle un numéro indicateur acceptable de teneur en suie ne peut être atteint. Lubrifiez le moteur avec quelques gouttes d'huile à moins que les coussinets n'en soient scellés.

10. Lorsqu'au cours de l'entretien du filtre à mazout, ou en tout autre temps, de l'air pénètre dans le conduit de mazout, il faut purger la pompe s'il s'agit d'un système à conduit unique. Si la soupape de purge se trouve sur le dessus de la pompe et que le réservoir de mazout est assez plein, il suffit tout simplement d'ouvrir la soupape pour purger la pompe. Dans le cas contraire, fixez un bout de tube souple au manchon de purge, ouvrez la soupape de purge, allumez le brûleur et laissez l'huile s'écouler dans un contenant jusqu'à ce qu'elle soit libre de toute bulle d'air. Éteignez le brûleur, fermez la soupape de purge et enlevez le tube souple (fig. 3.10).

11. Enlevez le bouchon de l'orifice de vérification de la pression et insérez-y l'extrémité d'un manomètre. Allumez le brûleur et assurez-vous que le manomètre indique 7,0 kg/cm^2 (100 lb/po^2), comme à la figure 3.11. C'est la pression normale de fonctionnement des brûleurs de type dit "à pistolet". Une pression

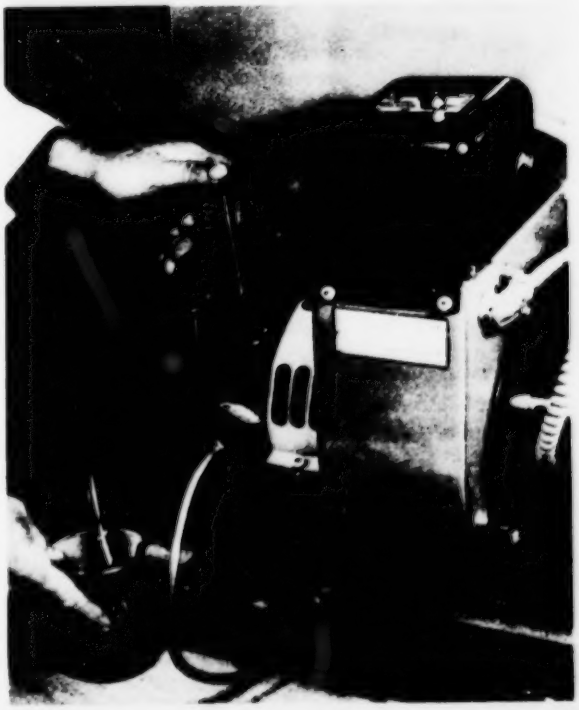


Figure 3.10 Purge de la pompe et des conduits de mazout.

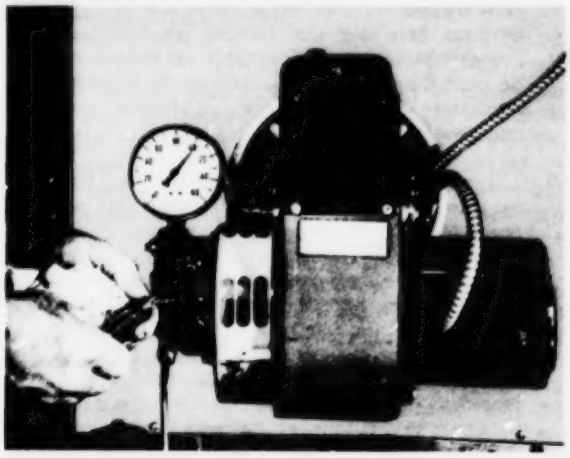


Figure 3.11 Réglage de la pression de la pompe.

plus basse entraînera une pauvre vaporisation, un mauvais mélange air-combustible et par conséquent, un plus grand excédent d'air et un rendement faible. Une pression plus élevée fournit un plus grand débit de mazout qu'il n'en faut au système et augmente ainsi la consommation de combustible. Rajustez la pression, au besoin, en tournant la vis prévue à cet effet. Enlevez le manomètre et replacez le bouchon.

12. Vérifiez la minuterie de sécurité. Il s'agit de débrancher le moteur du brûleur, de faire démarrer le calorifère et de chronométrer le temps que la flamme met à s'allumer. Une photocellule devrait agir entre 20 et 50 s et un protectorelais entre 60 et 120 s. Si ce n'est pas le cas, les relais devraient être remplacés. Rebranchez le moteur une fois la vérification accomplie.

13. Assurez-vous que la pompe et tous les conduits de mazout n'ont pas de fuites.

14. Fermez le brûleur.

Réglage du brûleur

Le brûleur à mazout doit être réglé après le nettoyage et l'entretien afin d'assurer une combustion efficace avec un minimum de fumée. Le réglage visuel de la flamme et de la soupape barométrique en vue de contrôler l'admission d'air peut se révéler efficace. Malheureusement, un calorifère réglé exclusivement de cette façon risque de fournir un rendement inférieur. Le calorifère continuera probablement de fonctionner avec un mauvais tirage, de plus, l'apparence de la flamme alimentée avec le bon débit d'air, ou avec deux fois ce volume, ne change pratiquement pas. Pour régler correctement le brûleur, il est absolument nécessaire d'utiliser un bon instrument pour mesurer le tirage et la quantité de fumée.

On effectue normalement quatre prises de mesures de base sur un calorifère. Pour régler le brûleur, il s'agit de mesurer le tirage et la fumée et, pour déterminer le rendement, il faut mesurer le niveau de CO_2 (ou O_2) et la température dans la cheminée. Toutes ces mesures s'effectuent par un trou de 0,6 cm percé dans le conduit d'échappement en amont de la soupape barométrique. Idéalement, le trou doit être percé vers le milieu d'une section droite, à 45,7 cm de la sortie du calorifère, de façon à être conforme aux résultats d'essai de l'ACNOR. Souvent, vous vous rendrez compte que la position du conduit rend la chose peu pratique. Il faudra alors s'arranger pour percer un trou quelque part entre la sortie du calorifère et la soupape barométrique. Si vous devez absolument percer un trou dans un coude, il faudra procéder selon la façon illustrée à la figure 3.12.

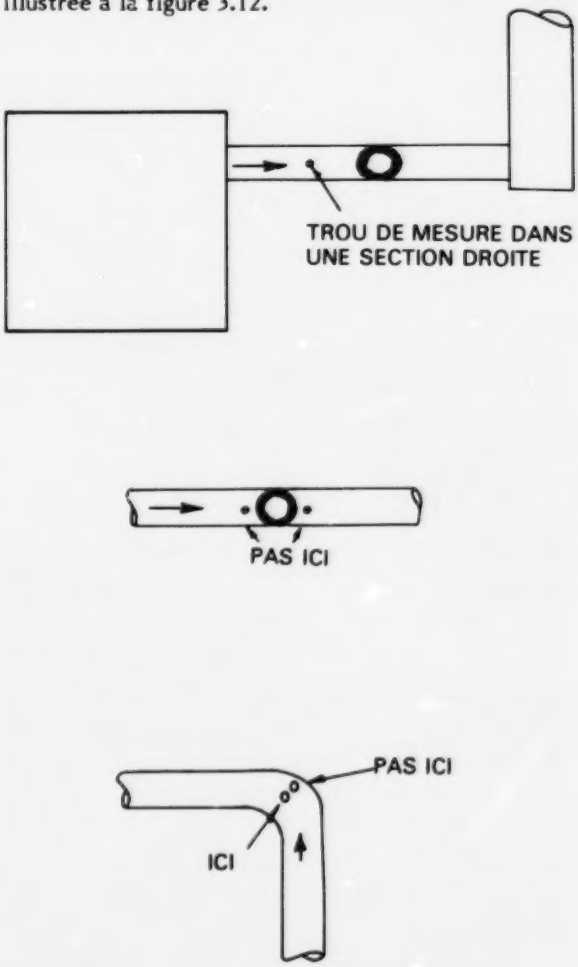


Figure 3.12 Localisation du trou de mesure.

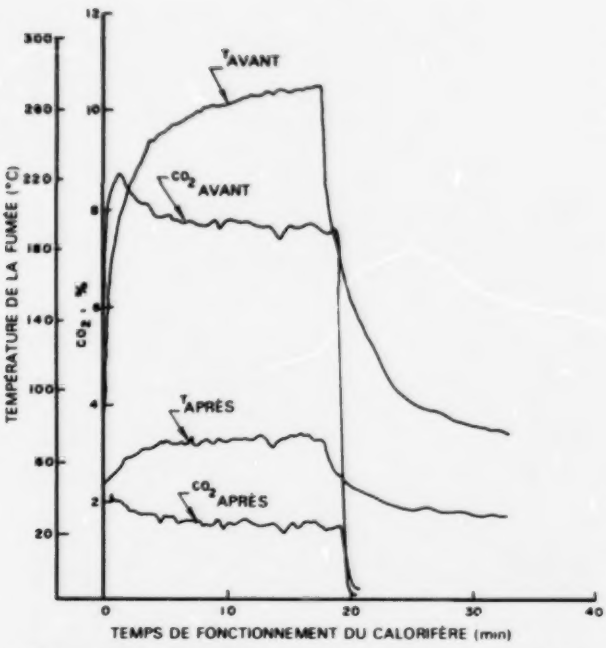


Figure 3.13 Dilution causée par la soupape barométrique.

Les endroits trop rapprochés de la soupape barométrique, ou se trouvant entre cette soupape et la cheminée, sont les seuls où le trou de mesure ne doit absolument pas se situer. En effet, l'air du sous-sol pénétrant par la soupape barométrique et se mélangeant à la fumée faussera toute mesure faite à ces endroits. La figure 3.13 illustre les résultats de ce phénomène, c'est-à-dire du refroidissement et de la dilution de la fumée produite.

Il suffit de procéder selon une méthode courte et simple:

1. Faites fonctionner le calorifère au moins 1 min.

2. Avant d'insérer la jauge de tirage, assurez-vous que l'aiguille indique 0. Réglez-la au besoin (fig. 3.14). Insérez la sonde de la jauge de tirage en suivant les instructions du fabricant relativement à l'insertion de la sonde et à son alignement avec la direction de l'écoulement des gaz. (Plusieurs modèles de jauge de tirage sont utilisés à l'heure actuelle, mais ils sont tous de conception semblable.) Le bout de la sonde pénètre de 0,6 cm environ dans le trou de 0,6 cm du conduit d'échappement. Il faut tenir la jauge à angle droit par rapport à la direction de l'écoulement des gaz, quel que soit l'endroit où se trouve le trou. Si la sonde est inclinée vers l'aval ou vers l'amont du sens de

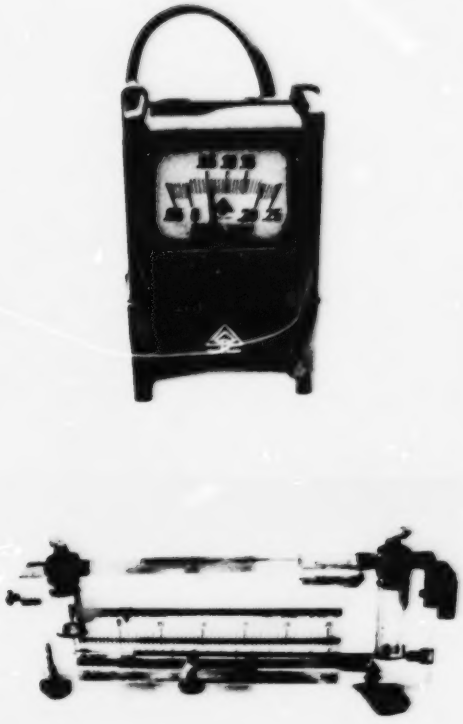


Figure 3.14 Jauges de tirage.

l'écoulement des gaz, la lecture peut en être faussée. Pour certains calorifères, il faut régler le tirage par rapport à une lecture indiquant une condition d'allumage excessif. Il est possible d'insérer la sonde dans la chambre de combustion de ces calorifères.

3. Ajustez le contrepoids sur la soupape barométrique jusqu'à ce que la jauge de tirage indique le chiffre précisé par le fabricant. Le tirage requis par tel ou tel modèle de calorifère est souvent gravé sur la plaque d'identification. Dans la plupart des cas, il devrait se situer entre 0,02 et 0,04 po calculé à la jauge à eau. Certains calorifères ne portent pas d'indication du tirage requis. Dans ce cas, réglez-le à 0,03 pour commencer et voyez ensuite s'il y a un retour de fumée à l'allumage. S'il y a des problèmes, augmentez le tirage à 0,04. Si les problèmes persistent, essayez d'en déterminer les causes. Une fois le tirage réglé, bloquez le contrepoids en place.

4. Tout en observant la flamme, ajustez le ruban de réglage de l'entrée d'air du brûleur jusqu'à ce que la fumée disparaisse.

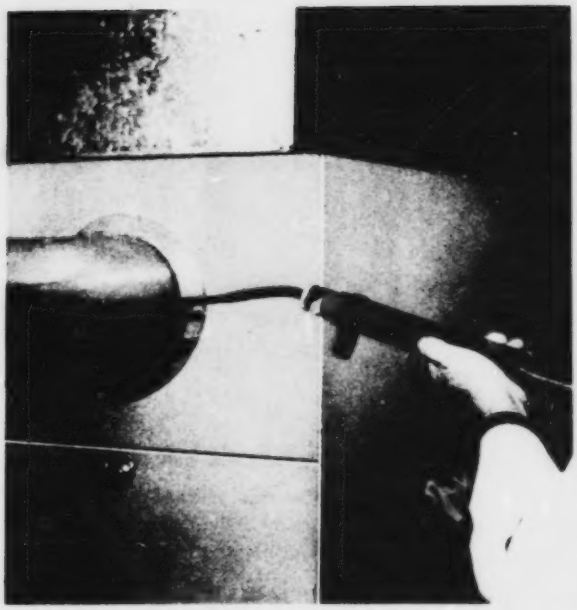


Figure 3.15 Utilisation d'un analyseur de fumée.

5. À l'aide de l'analyseur de fumée, prélevez un échantillon de fumée et faites-en l'analyse (fig. 3.15). Ici encore, il faut suivre attentivement les directives du fabricant. Une des principales sources d'erreur est de ne pas pomper le nombre de fois indiqué par le fabricant. L'analyseur de fumée Bacharach de Shell est l'instrument le plus couramment utilisé pour mesurer la teneur en suie de la fumée. Pour l'utiliser, insérez la sonde dans le trou de 0,6 cm du conduit d'échappement et actionnez la pompe dix fois pour forcer un échantillon des gaz à travers un filtre en papier spécial. Ce papier-filtre est ensuite enlevé et la tache produite par la suie est comparée avec une carte normalisée sur laquelle se trouvent des échantillons de taches numérotés de 0 à 9. D'autres jauges de fumée peuvent aussi servir; leur fonctionnement diffère légèrement, mais le numéro indicateur établi au Bacharach représente généralement la norme acceptée. Lisez toujours les directives avant d'utiliser un instrument qui ne vous est pas familier. Un problème rencontré occasionnellement lorsqu'il faut effectuer des mesures de la fumée dans un coude ou dans l'aval d'un coude est la stratification ou dépôt en couche des particules de suie. Dans ce cas, l'indicateur de teneur en suie pourrait indiquer un numéro de 0 à 9 selon la distance à laquelle le préposé introduit la sonde et l'angle auquel il la tient. Lorsque cela se produit, il faut utiliser le chiffre le plus élevé. Il faut prendre garde de ne pas ramasser de la suie déposée sur les parois du conduit.

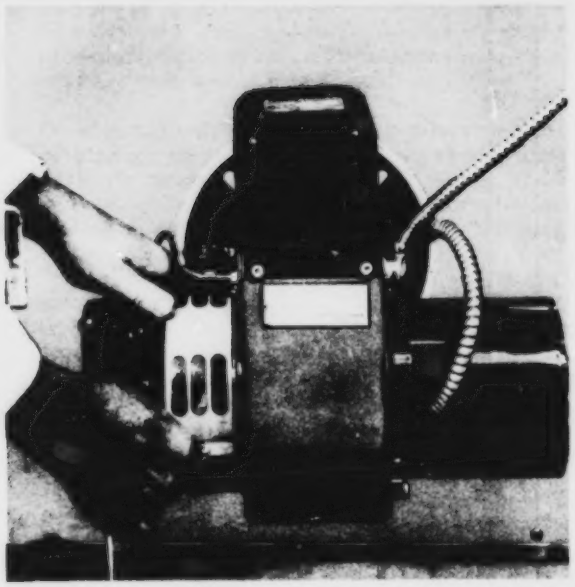


Figure 3.16 Ajustement du ruban de réglage de l'entrée d'air aux numéros indicateurs 1 ou 2 (sauf dans le cas des brûleurs à flamme bleue).

Réajustez le ruban de réglage (fig. 3.16) jusqu'à un numéro indicateur de 1 ou de 2. (Cette recommandation ne s'applique pas aux brûleurs à flamme bleue dont le ruban doit demeurer fixé à 0.)

Mesures du rendement

Pour déterminer le rendement d'un calorifère fonctionnant en régime équilibré, il faut mesurer deux autres choses: l'excédent d'air dans le brûleur et la température dans la cheminée. Étant donné que l'excédent d'air ne joue aucun rôle dans la combustion, mais ne fait que se mélanger avec les produits de combustion, il dilue le CO_2 produit par le combustible brûlé. La concentration de CO_2 dans la fumée dépend alors directement du volume d'air excédentaire dans le brûleur.

De même, la concentration d'oxygène (O_2) dans la fumée peut être associée à l'excédent d'air. À l'aide de divers instruments, il y a moyen de mesurer soit la concentration de CO_2, soit la concentration de O_2. Le niveau de l'un comme de l'autre peut servir de paramètre dans le calcul du rendement.

Parmi les nombreux instruments de mesure utilisés par les préposés, plusieurs datent de bien longtemps tandis que d'autres viennent à peine de percer sur le

marché. Les instruments électroniques remplacent peu à peu les instruments classiques, grâce à leur facilité d'emploi ainsi qu'à leurs mesures plus précises. De plus, pour avoir des résultats justes, il faut porter une attention particulière aux instruments plus vieux. Avec n'importe lequel des instruments utilisés de nos jours, il est possible de mesurer le rendement d'un système en régime équilibré avec une marge d'erreur égale ou inférieure à 2 %, à la condition que l'instrument soit entretenu et utilisé comme il se doit. Les figures 3.17 et 3.18 illustrent certains instruments de mesure courants.

La mesure annuelle du rendement en régime équilibré comporte de nombreux avantages. Premièrement, elle révèle comment le système fonctionne lorsqu'il est bien réglé. De plus, en comparant les chiffres d'année en année, on peut voir tout changement dans le rendement et déceler parfois des problèmes d'entretien qui pourraient passer inaperçus autrement. En outre, en comparant le rendement de systèmes semblables dans diverses habitations, le préposé doit s'attendre à rencontrer certaines variations causées par les différences dans l'installation, mais toute différence considérable peut indiquer la présence de problèmes plus sérieux. Enfin, elle indique s'il y aurait avantage à améliorer le système comme décrit au chapitre 5.

Figure 3.17 Mesure du dioxyde de carbone dans le conduit d'échappement.

Figure 3.18 Mesure de la température dans la cheminée.

Si la mesure du rendement mérite d'être effectuée, il faut nécessairement y procéder avec soin et exactitude du début à la fin.

Il faut en tout premier lieu comprendre les directives destinées à l'emploi des instruments de vérification. Il doit ensuite les suivre attentivement. Par exemple, s'il est recommandé de presser la poire 18 fois pour recueillir un échantillon de gaz dans la jauge à CO_2, il faut s'y conformer.

Certains thermomètres à cadran doivent demeurer en contact avec les gaz de la fumée plus longtemps que d'autres avant de donner de bons résultats, le délai pouvant varier de 2 à 30 min. Si l'on ne peut attendre 30 min, il faut alors se procurer un thermomètre plus sensible. Si le thermomètre n'est pas utilisé correctement, l'indication est faussée, le taux de rendement calculé ne représente pas la réalité et tout l'exercice se solde en une perte de temps.

Comme illustré à la figure 3.19, le problème est amplifié par le fait que la température dans la cheminée prend beaucoup de temps à s'équilibrer après allumage du brûleur. Ce n'est qu'après 10 min de fonctionnement du calorifère que la température atteint un palier.

Dans le cas des thermomètres à cadran, il faut également tenir compte du temps de réaction du thermomètre. Ce délai dépend du niveau auquel l'aiguille indicatrice doit s'élever pour atteindre la température dans la cheminée. Si cette dernière est stabilisée avant l'insertion du thermomètre dans le conduit d'échappement, l'appareil prendra un certain temps avant de l'enregistrer. Toutefois, si la température continue à monter au moment de l'insertion du thermomètre, on peut alors dire, par analogie, que le thermomètre poursuit de fait une cible mobile. Si le préposé n'attend pas que le

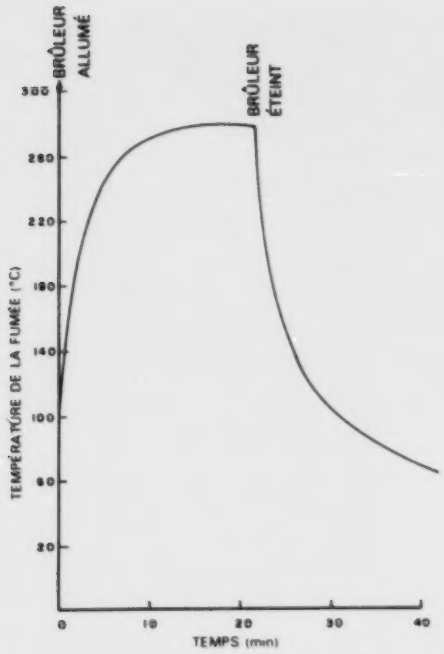


Figure 3.19 Changement de la température de la fumée au cours du fonctionnement en régime de transition, alimentation faite au rythme de 1,0 GPH (US).

calorifère se stabilise, ces deux écarts peuvent se combiner pour donner des températures dans la cheminée beaucoup plus basses qu'en réalité et un rendement artificiellement élevé. La figure 3.20 illustre l'écart entre les températures mesurées et la température réelle dans la cheminée.

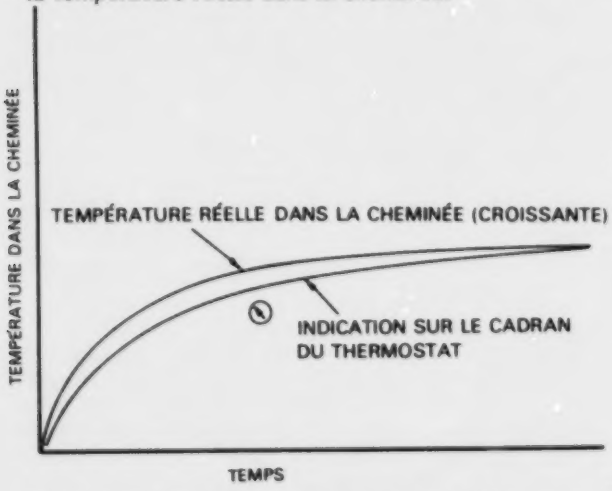


Figure 3.20 Erreur de mesure de la température de la fumée dans la cheminée due à des écarts entre la température réelle et celle indiquée par le thermomètre.

L'entretien des instruments de vérification est tout aussi important que leur bonne utilisation. Ici encore, il faut observer les directives du fabricant. L'analyseur de CO_2 à liquide se révèle un des instruments les plus dignes de mention, étant donné qu'il est plus susceptible d'être négligé. Le fabricant recommandera le changement du liquide après un certain nombre d'utilisations. En cours d'utilisation, ce fluide s'échappe et on y rajoute de l'eau de temps en temps mais personne ne se souvient combien de fois il a été utilisé. La jauge doit être vérifiée périodiquement en prenant deux lectures, c'est-à-dire en faisant deux inversions de plus que le nombre exigé par le fabricant. Si le résultat de la deuxième vérification dépasse la première de 0,50 % ou plus, il est temps de changer le fluide. Une bonne règle pratique est de commencer à vérifier le liquide de la sorte après chaque série de 25 lectures.

Il faut vérifier l'étanchéité de tout tube de caoutchouc souple fixé à un instrument. Les tubes deviennent friables et se fendillent avec le temps et il faut les remplacer périodiquement. Cette recommandation s'applique tout particulièrement aux mesures de l'analyse de la fumée et des gaz (CO_2 ou O_2) lorsque les échantillons de gaz sont aspirés dans le tube.

Le préposé devrait normalement procéder à la vérification du rendement tout de suite après le réglage du brûleur au cours de la vérification annuelle. La séquence normale des étapes à suivre est très simple (voir la partie consacrée à l'entretien, pour plus de détails sur le réglage du tirage et du ruban de réglage de l'entrée d'air):

1. Faites démarrer le calorifère.
2. Réglez le tirage après au moins 30 s de fonctionnement.
3. Ajustez le ruban de réglage de l'entrée d'air de façon à entretenir une flamme dont l'apparence semble assez bonne. Après environ 2 min de fonctionnement, vérifiez la fumée et faites un réglage exact des bouches d'aération afin d'obtenir un numéro indicateur de teneur en suie de l'ordre de 2 environ. Si le numéro indicateur de teneur en suie est près de zéro, fermez légèrement le ruban de réglage de l'entrée d'air mais s'il est supérieur à 3, ouvrez légèrement le ruban. Comme l'explique la partie consacrée au rendement du calorifère, le meilleur réglage correspond généralement à un numéro indicateur entre 1 et 3, l'objectif idéal étant le numéro 2.
4. Vérifiez la teneur en CO_2 (ou en O_2) immédiatement après l'ajustement du ruban de réglage de l'entrée d'air.

5. Mesurez la température dans la cheminée après au moins 10 min de fonctionnement. Rappelez-vous qu'il faut laisser le thermomètre en place 2 à 10 min selon sa sensibilité avant qu'il n'indique la température réelle.

Le dernier calcul du rendement est effectué à l'aide des résultats de la mesure du CO_2 et de l'O_2 et de la température dans la cheminée. Que vous utilisiez la règle à calcul que fournit le fabricant d'instruments, ou même un graphique pour calculer le rendement ne fait pas beaucoup de différence. Le chiffre du rendement ne variera que légèrement d'une méthode à l'autre. Cette différence provient principalement du genre de combustible sur lequel est fondée la règle à calcul. La règle qu'utilise le fabricant est souvent fondée sur un combustible léger utilisé couramment aux États-Unis.

Il importe surtout de bien prendre note des indications et de toujours maintenir les instruments en bon état. Ainsi, l'efficacité, mesurée d'année en année, sera un indicateur juste et utile du rendement du calorifère. Bref, toute conjecture est éliminée et votre jugement s'appuie sur une base solide.

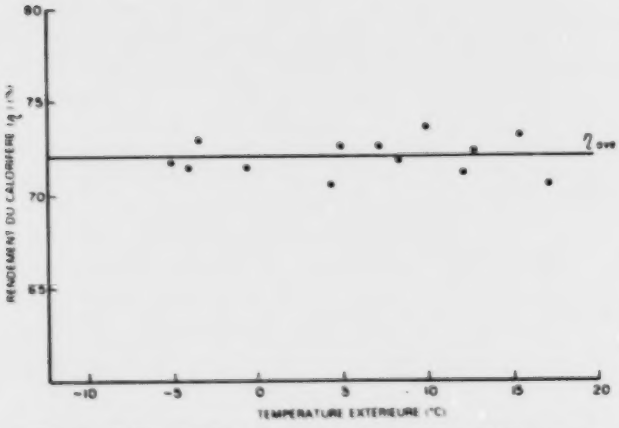


Figure 3.21 Effet de la température extérieure sur le rendement du calorifère.

"Peut-on bien faire la mise au point et mesurer le rendement des calorifères pendant l'été?", voilà une question souvent posée. Autrement dit, si le taux de rendement d'un calorifère inspecté en juillet est de 75 %, que se passera-t-il en janvier? la réponse est simple – rien. La figure 3.21 montre des mesures réelles de rendement effectuées sur un calorifère à différents temps de l'année. Les points représentent les pourcentages mesurés tandis que la ligne pleine est la moyenne. Le résultat: aucun effet observé.

Vous pouvez être tenté d'améliorer le rendement d'un calorifère en changeant tout simplement les résultats des vérifications. Une telle action vous rendrait coupable d'une injustice tant envers le client qu'envers vos collègues.

Un taux de rendement faible ne peut que prouver au client que les choses peuvent certainement être améliorées. En outre, un tel résultat vous avertira qu'il existe un problème que vous êtes peut-être en mesure de régler. Il suffirait peut-être de remplacer la tête de retenue, d'installer un nouveau calorifère ou tout simplement de prendre quelques minutes pour expliquer au client les raisons pour lesquelles il ne doit pas obstruer les bouches d'aération par des tapis.

Il est fortement recommandé à tout préposé de laisser sur les lieux une liste complète des éléments vérifiés durant l'inspection annuelle, y compris le calibre du gicleur installé. Cette liste présente au moins trois avantages. Elle motive le préposé à procéder à une inspection complète, informe les préposés subséquents des vérifications entreprises récemment et encourage le consommateur à examiner le travail effectué d'année en année en vue de le sensibiliser davantage à la nécessité d'un bon entretien.

En outre, si le rendement a été mesuré, il faut en informer le consommateur tant pour les raisons données ci-dessus que pour lui permettre de décider si son système doit subir une conversion ou s'il s'agit de tout remplacer.

CHAPITRE 4

FAÇONS DE RÉDUIRE LA CONSOMMATION DE COMBUSTIBLE

Il y a plusieurs moyens d'améliorer le rendement du système de chauffage sans apporter de changements importants au calorifère ou à la chaudière. La plupart d'entre eux ne demandent qu'un peu d'effort supplémentaire de la part du préposé, et peut-être aussi un peu de patience lorsqu'il s'agit d'expliquer les choses au client. Par contre, les avantages qu'en retire le client en termes de diminution des dépenses de chauffage peuvent être considérables. Et vous, qu'en retirez-vous? La satisfaction du travail bien fait, l'accession à un rôle plus important aux yeux du propriétaire, et une amélioration générale des rapports avec les clients.

On s'entend généralement pour dire que la consommation augmente lorsque la température extérieure baisse. La figure 4.1 représente un graphique de mesures de consommation effectuées dans une maison témoin (Référence n° 12) à différentes températures extérieures mais en maintenant toujours une température intérieure constante. La droite formée par les résultats portés sur un graphique révèle une consommation d'environ 0,0066 gal./h (0,03 L) pour chaque degré Celsius d'écart entre les températures extérieure et intérieure. En fait, pour cette maison comme pour presque toutes celles du pays, le rapport entre le taux de consommation de combustible et l'écart des températures intérieure et extérieure est constant.

Réduction de la température

Vu l'impossibilité d'augmenter la température extérieure pour réduire les pertes de chaleur, l'on peut néanmoins réduire la température intérieure soit tout le temps, soit seulement la nuit. Naturellement, même en procédant de cette façon, certaines limites s'imposent, surtout au point de vue du confort, mais le propriétaire doit réaliser qu'une différence de quelques degrés de trop dans le réglage du thermostat constitue un luxe coûteux en termes de combustible. En réduisant la température intérieure de 5°C la nuit, des économies allant jusqu'à 14 % ont été enregistrées au cours d'essais effectués par le LCRC. La figure 4.2 illustre l'effet de cette réduction de 5°C pendant la nuit dans une maison témoin.

On peut économiser encore davantage en abaissant la température le jour également. En général, pour chaque degré Celsius de moins la nuit, près de 2 % seront économisés sur la facture de chauffage; si le thermostat est baissé 24 h sur 24, chaque degré Celsius de moins fera économiser 5 %.

Le propriétaire peut régler lui-même, sans frais, son thermostat le soir. Toutefois, ceux qui désirent que la maison se réchauffe avant le réveil peuvent facilement se procurer des minuteries automatiques pour thermostats.

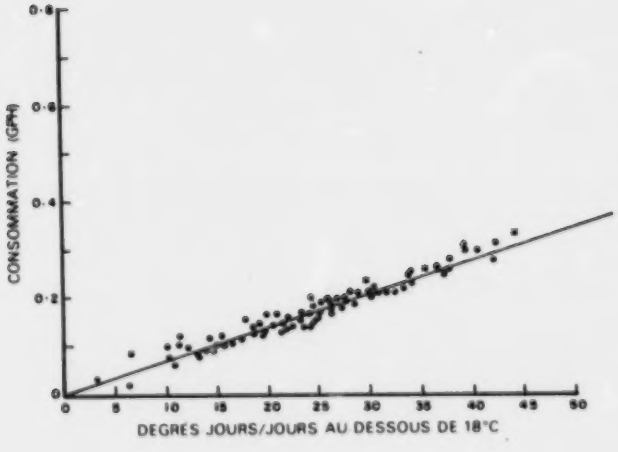


Figure 4.1 **Effet de la température extérieure sur la consommation.**

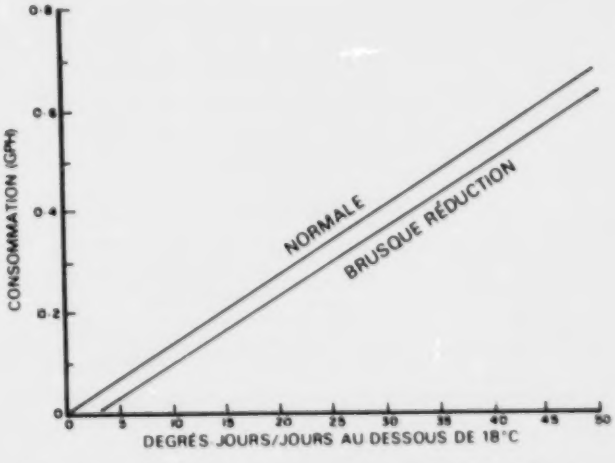


Figure 4.2 **Effet sur la consommation d'une réduction de 5°C du réglage du thermostat pendant la nuit.**

Installation d'un gicleur plus petit (alimentation réduite)

En général, au cours de la saison de chauffage, le calorifère fonctionne peu. De fait, presque tous les calorifères fonctionnent moins de 50 % du temps, même aux températures initiales de calcul (voir annexe E). En outre, il peut y avoir un délai de 15 min avant que la température dans la cheminée n'atteigne un palier. Vu la capacité souvent plus que nécessaire des calorifères installés au Canada, il est rare qu'ils fonctionnent assez longtemps pour atteindre un régime équilibré efficace.

Une fois le taux d'alimentation réduit, tout simplement en installant un gicleur plus petit, le calorifère fonctionnera plus longtemps pour suffire à tout réglage du thermostat ou compenser pour la température extérieure. Il en résultera un temps d'arrêt réduit et un temps de fonctionnement en régime équilibré accru sur l'ensemble de la saison de chauffage; ces deux changements entraîneront un meilleur rendement du système de chauffage et une réduction de la consommation.

Les économies de combustible à réaliser sont indiquées clairement à la figure 4.3. Plus il fait froid à l'extérieur, plus elles sont considérables. Dans l'exemple suivant, un essai effectué dans des conditions réelles, le taux d'alimentation a été abaissé de 1,0 à 0,85 GPH (US). Cette réduction a fait diminuer le rendement du calorifère en régime équilibré de 79,1 à 78,3 %. Même là, l'économie de combustible enregistrée dans cette habitation a été de 9 % sur l'ensemble de la saison de chauffage pour les raisons données au paragraphe précédent.

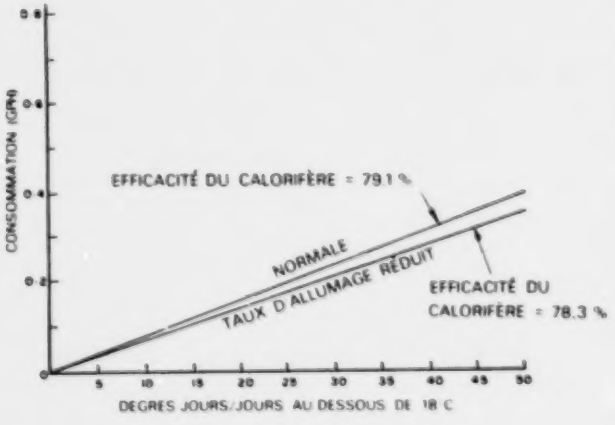


Figure 4.3 Effet de la réduction du taux d'alimentation sur la consommation.

En général, l'installation d'un gicleur plus petit abaisse la température dans la cheminée et fait presque toujours augmenter le volume d'air excédentaire (abaissant ainsi le niveau de CO_2). La réduction du taux d'alimentation d'un cran n'apportera aucun changement dans le rendement en régime équilibré dans la moitié des cas environ, le réduira légèrement dans le tiers des cas, et l'augmentera légèrement dans d'autres cas. DANS TOUS LES CAS, CEPENDANT, IL FERA RÉALISER DES ÉCONOMIES DE COMBUSTIBLE SUR L'ENSEMBLE DE LA SAISON DE CHAUFFAGE.

Pour bon nombre de brûleurs à mazout classique, cette méthode d'économie de combustible est limitée par la faiblesse du mélange air-combustible provenant de l'installation de gicleurs au calibre de plus d'un cran inférieur aux recommandations indiquées sur l'étiquette de l'ACNOR. Dans les cas extrêmes, l'excédent d'air peut augmenter au point d'annuler les économies produites par la réduction de la température dans la cheminée et les pertes hors cycle. Le problème se pose beaucoup moins dans le cas des brûleurs à tête de retenue présenté au chapitre 5.

Comme la maison a besoin d'un certain maximum de chaleur, la diminution du taux d'alimentation entraîne nécessairement une réduction de la capacité du calorifère, ce qui pose un problème. Toutefois, tel qu'il a déjà été mentionné, la dimension plus que suffisante de la plupart des calorifères peut facilement répondre à ces besoins.

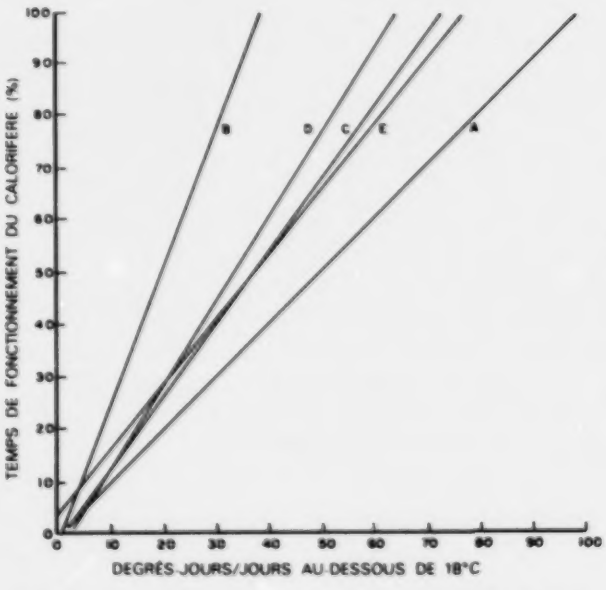


Figure 4.4 Effet de la température extérieure sur le rythme de fonctionnement du calorifère.

Lors de l'installation d'un gicleur plus petit, n'oubliez pas de maintenir la pression de l'huile à la pression recommandée de 100 lb/po^2. La notion erronée selon laquelle il faut augmenter la pression lors de l'installation d'un gicleur plus petit n'entraînera aucune diminution du taux d'alimentation et fera perdre en outre une autre occasion d'économiser.

La figure 4.4 illustre l'effet de la température extérieure sur le rythme de fonctionne du calorifère. Les gicleurs des maisons C, D, et E ont déjà été réduits d'un cran et fonctionnent quand même moins de 50 % du temps à 40 degrés-jours Celsius tandis que le calorifère de la maison A, doté d'une surcapacité, fonctionne moins de 40 % du temps à la même température. Le calibre des gicleurs de toutes ces unités de chauffage peut encore être considérablement réduit. Seule la maison B est équipée d'un calorifère pouvant être considéré comme de la bonne taille, puisque ce dernier fonctionne 70 % du temps à cette température.

Augmentation de la vitesse du ventilateur

Le ventilateur fait circuler l'air de la maison sur la surface de l'échangeur de chaleur, absorbant constamment la couche d'air réchauffée avec un jet continu d'air frais. La vitesse d'absorption de cette couche préchauffée correspond également au taux d'extraction de la chaleur des gaz de combustion. Plus la chaleur est extraite rapidement des gaz de combustion, moins elle s'échappe par la cheminée. Ainsi, l'augmentation de la vitesse du ventilateur permet de réaliser des économies d'énergie additionnelles.

Le propriétaire remarquera immédiatement l'effet de toute augmentation importante de la vitesse du ventilateur. L'air provenant des bouches d'aération pourrait sembler un peu plus frais parce qu'il circule plus rapidement mais, en réalité, l'apport de chaleur à la pièce est plus grand et il y a économie d'énergie.

Avant d'augmenter la vitesse du ventilateur, parlez-en au propriétaire et, avant de quitter les lieux, assurez-vous qu'il est satisfait du changement.

Beaucoup de ventilateurs sont dotés de poulies réglables, conçues pour permettre de varier facilement et de beaucoup la vitesse de l'éventail. Toute poulie non ajustable peut être remplacée par une poulie ajustable. Il ne faut pas augmenter la vitesse de l'éventail au point d'avoir à endurer un bruit désagréable, un courant d'air inconfortable sortant des bouches d'air ou encore, au point de surcharger le moteur du ventilateur.

Prolongation de la période de fonctionnement du ventilateur

Vous pouvez régler les températures auxquelles le ventilateur démarre et arrête. Elles sont généralement de 65,5°C (150°F) et de 49°C (120°F). La figure 4.5 donne les températures applicables à l'air chaud.

Dans presque tous les cas, il y a moyen d'abaisser ces deux températures à 49°C (120°F) et 32°C (90°F) respectivement, afin de tirer plus de chaleur du calorifère au début et à la fin du cycle.

L'air soufflé dans les pièces sera légèrement plus frais au début et à la fin du cycle qu'au milieu. Vous devez également signaler ce fait au client. Un propriétaire bien renseigné acceptera généralement ces modifications en vue de réaliser des économies d'énergie plus considérables.

Il appert, à la suite de ces raisonnements, qu'il suffirait logiquement de faire fonctionner le ventilateur sans arrêt. En ce qui a trait à l'extraction d'air du calorifère, le fait de forcer l'air dans l'échangeur de chaleur lorsque le brûleur ne fonctionne pas présente certains avantages. Dans certaines maisons, la circulation continue améliore le confort en assurant une distribution de chaleur plus uniforme, surtout lorsqu'il s'agit de systèmes équilibrés.

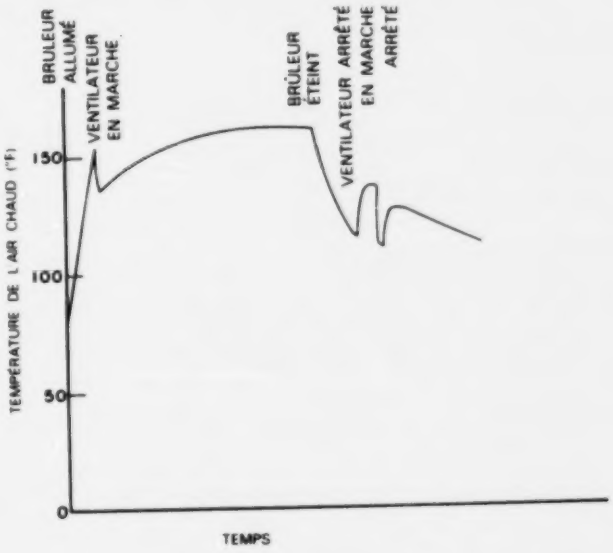


Figure 4.5 **Température de l'air chaud dans le cas de commandes de mise en marche et d'arrêt à 65,5°C et à 49°C.**

Toutefois, la majorité des maisons sont dotées de systèmes de distribution peu efficaces, très difficiles à équilibrer. Dans ce cas, le fonctionnement du ventilateur standard à vitesse unique lorsque le calorifère ne fonctionne pas cause des courants d'air froid dans les pièces et le propriétaire doit y remédier en élevant le thermostat et en consommant plus d'énergie. Il faut également tenir compte du fait que le moteur du ventilateur consomme de l'électricité, forme d'énergie dérivée très coûteuse. En général, un ventilateur qui fonctionne sans arrêt occasionne des coûts en consommation d'électricité plus élevés que les économies de combustible qu'il peut comporter.

L'utilisation d'un ventilateur à deux vitesses réduira les problèmes susmentionnés et rendra cette alternative de fonctionnement continu acceptable dans certains foyers. Si la maison est dotée d'une source de chaleur supplémentaire, comme un poêle à bois ou un système de chauffage solaire passif, la basse vitesse peut contribuer à distribuer cette chaleur d'appoint dans la maison.

En règle générale, la meilleure solution consiste tout simplement à abaisser les températures de mise en marche et d'arrêt.

Systèmes de distribution de la chaleur

Au moment de la conception d'un système de chauffage d'une maison, les conduits devraient être placés de façon à transmettre la chaleur à l'endroit et au moment opportun. De la chaleur acheminée là où elle n'est pas requise, constitue, à toutes fins pratiques, une perte d'énergie.

C'est souvent le résultat lorsqu'il y a perte de chaleur à l'intérieur des parois d'un conduit de distribution, ce conduit faisant office d'échangeur de chaleur. Lorsque des conduits passent dans des murs intérieurs ou des plafonds, il n'en résulte habituellement qu'une perte de chaleur minime. Près des murs extérieurs, par contre, elle peut être plus importante. Dans les deux cas, toutefois, il est souvent très difficile, voire impossible, d'y remédier.

Les conduits d'air chaud longs et découverts dans les sous-sols, les lieux d'entreposage ou autres endroits semblables occasionnent des pertes importantes, mais ces dernières peuvent être réduites. Très souvent, un sous-sol "non chauffé" devient justement l'un des endroits les plus chauds de la maison, par suite des pertes de chaleur de ces conduits.

On a longtemps mésestimé l'importance de ces pertes en supposant que, puisque la chaleur s'échappait dans la cave, elle finirait par se transmettre au reste de la maison. Malheureusement, ceci est peu souvent le cas. En fait, la plus grande partie de cette chaleur passe par les murs, habituellement non isolés, ainsi que par l'espace entre les poutres, et se dissipe au contact de l'air de l'extérieur et du sol froid. Cet échange aura l'avantage de favoriser la floraison hâtive des plates-bandes autour de la maison. Il ne s'agit sûrement pas de la façon la plus rentable de faire pousser les fleurs ni de la meilleure manière d'économiser l'énergie! **Tous les conduits exposés d'air chaud mesurant plus de 1,8 m devraient être recouverts de matériau isolant.**

Une autre mesure, considérée en fait comme une solution minimale pour empêcher les pertes de chaleur, est **de masquer de ruban isolant tous les joints de conduits d'air chaud.**

La présence de déviations, ces nombreux angles droits permettant de contourner les éléments horizontaux ou verticaux de la charpente, aggrave souvent les problèmes causés par les longs conduits d'air du sous-sol. Tout changement de direction provoque une baisse de pression et rend encore plus difficile la progression de la chaleur dans cette direction précise. Avertissez le propriétaire lorsque vous remarquez des défauts importants dans la disposition des conduits.

L'action d'isoler et de masquer de ruban isolant les conduits exposés entraînera à coup sûr des économies de combustible. Elle aura par le fait même l'avantage certain de permettre au système de chauffage d'atteindre un meilleur équilibre. Les pièces "difficiles à chauffer", c'est-à-dire éloignées du calorifère, pourront désormais devenir confortables, et ce malgré une consommation réduite de combustible.

Apport d'air

Il peut arriver que le propriétaire bloque d'une façon ou d'une autre, même sans s'en douter, l'entrée d'air et provoque de ce fait l'asphyxie du brûleur. Le manque d'air se produit lorsqu'on construit autour du calorifère une cloison étroite, non conforme aux codes du bâtiment en vertu desquels il faut prévoir un espace libre de 180,6 cm^2 pour chaque gallon américain de capacité. Une autre cause encore plus courante est la concurrence faite par d'autres appareils consommateurs d'air, notamment les sécheuses, les ventilateurs aspirants et surtout les cheminées (foyers).

L'asphyxie a le même effet que la fermeture du ruban de réglage de l'entrée d'air, soit l'augmentation de la fumée et des dépôts de suie.

L'on ne doit pas écarter la possibilité d'asphyxie du calorifère lorsque ce dernier se trouve entouré de parois étanches ou repose dans un petit sous-sol où la circulation d'air est restreinte. Dans ce cas, l'on doit recommander l'installation d'un dispositif d'apport d'air dans la salle renfermant le calorifère.

Toutefois, l'installation d'un conduit d'air de l'extérieur au retour d'air froid ne remédiera pas au problème précis relatif à l'air du brûleur puisque l'air sera distribué partout dans la maison et qu'il faut s'assurer de l'étanchéité des conduits du sous-sol, à moins qu'une ouverture bien précise ne soit pratiquée dans le conduit d'air chaud situé dans la salle du calorifère.

Si un apport d'air de l'extérieur est nécessaire pour contrecarrer l'asphyxie du brûleur, une des solutions avancées propose l'installation d'un conduit qui débouche à 0,9 m environ du brûleur.

IL NE FAUT PAS ENFERMER COMPLÈTEMENT LE BRÛLEUR, car:

1. L'air nécessaire à la combustion ne représente que 1 à 2 % des besoins en chauffage de la maison; par conséquent, l'acheminement direct d'air au brûleur ne permettra de réaliser que de faibles économies d'énergie;
2. Le brûleur est presque toujours réglé pour un rendement maximal durant l'été; en hiver, avec le froid, un brûleur enfermé fonctionnerait avec un excédent d'air et se révélerait ainsi moins efficace;
3. Les différences de pression à l'entrée d'air extérieur peuvent causer des variations dans l'apport d'air au brûleur; ces dernières peuvent entraîner la formation de suie et même éteindre la flamme.

L'air de dilution qui pénètre par la soupape barométrique entraîne un plus grand apport d'air et une plus grande perte de chaleur que l'air de combustion. Cependant, amener de l'air de l'extérieur ne convient certainement **pas** au climat canadien. Le passage d'air froid de l'extérieur dans la soupape barométrique peut refroidir la fumée, causer des problèmes de tirage, de corrosion et même entraîner le givrage de la cheminée, phénomène aux conséquences désastreuses.

Ici encore, si l'apport d'air au brûleur et à la soupape barométrique cause des problèmes, assurez-vous que le conduit utilisé est assez long pour permettre un certain réchauffement et ouvrez ensuite le conduit à 90 cm au moins du brûleur.

Isolation du sous-sol

Tel que déjà mentionné, l'insuffisance ou l'absence de matériau isolant dans les murs du sous-sol peut être la cause d'une grande partie des pertes de chaleur, surtout de la chaleur directement dégagée par le calorifère et les conduits adjacents. L'effet isolant des moquettes et des sous-tapis épais a probablement contribué à l'augmentation de ces pertes au cours des dernières années, tout comme la détérioration de la conception des réseaux de distribution et de l'emplacement des calorifères.

L'installation de matériau isolant dans l'espace entre les poutres du sous-sol et sur les parois, jusqu'à 0,9 m au moins au-dessous du niveau du sol, peut faire économiser beaucoup d'énergie. La publication du gouvernement fédéral intitulée Emprisonnons la chaleur (Référence n° 8) donne de bons conseils sur l'installation de matériau isolant dans cette partie si souvent négligée de la maison.

Systèmes de distribution par convection naturelle

En général, la conversion des systèmes de distribution par convection naturelle en systèmes à convection forcée, aussi bien à l'air qu'à l'eau chaude, rend possible la réalisation d'importantes économies de combustible. Dans le cas des systèmes à eau chaude, des inconvénients peuvent tout de même se manifester, puisque la circulation de l'eau de retour requiert l'utilisation d'une chaudière plus grande que la normale. Pour remédier à ce problème, il suffit souvent d'introduire une déviation pour la plus grande quantité d'eau, déviation dont l'écoulement s'effectue continuellement dans le réseau de distribution, tel qu'illustré à la figure 4.6. Cette mesure permet l'installation d'une chaudière de dimension mieux adaptée aux besoins de la maison.

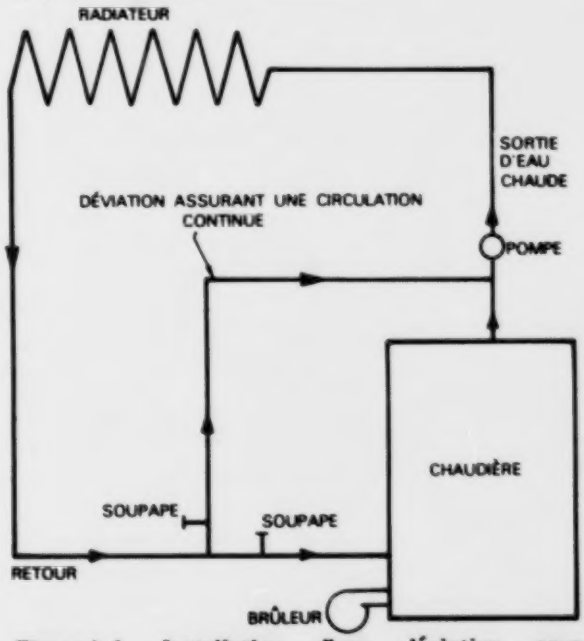


Figure 4.6 **Installation d'une déviation pour système de distribution par convection forcée dans ce qui était à l'origine un système à l'eau chaude à convection naturelle.**

CHAPITRE 5

MOYENS D'AMÉLIORER LE RENDEMENT

Si l'essai d'efficacité établit que le calorifère donne un rendement médiocre, certains réglages permettront peut-être de l'améliorer. La description de ces réglages se trouve au chapitre 4. Si malgré tout, ils ne vous permettent pas de tirer de votre système le maximum de rendement maintenant réalisable, il vous faudra alors envisager la conversion du matériel actuel ou l'addition de nouvelles pièces.

Brûleur à tête de retenue

Le brûleur à tête de retenue (fig. 5.1) permet de mélanger dans un tourbillonnement rapide l'air et le mazout pulvérisés. La figure 5.2 illustre la dimension beaucoup plus petite de l'orifice permettant l'arrivée de l'air autour du gicleur d'un brûleur à tête de retenue, et la compare à celle d'un brûleur classique (fig. 5.3). Le fait de réduire le diamètre de l'orifice accroît la force d'impulsion de l'air pour ainsi améliorer le mélange air-combustible. Ainsi, le brûleur à tête de retenue peut brûler tout le mazout sans jamais atteindre le niveau d'excédent d'air propre aux brûleurs classiques.

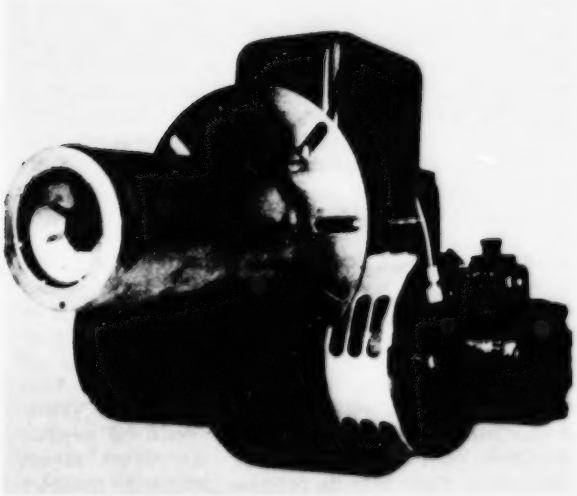


Figure 5.1 Brûleur à tête de retenue.

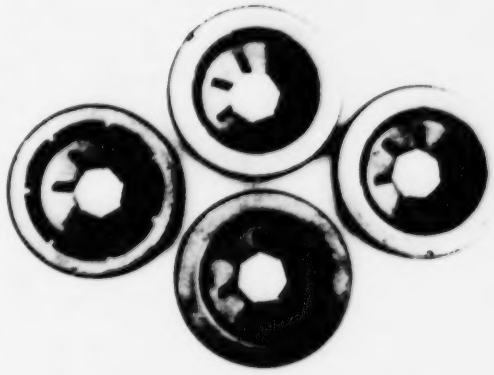


Figure 5.2 Têtes de retenue pour divers taux d'alimentation.

Les courbes de rendement du même calorifère à la figure 5.4 illustrent l'efficacité d'un brûleur à tête en fonte classique comparé à un modèle semblable équipé d'une tête de retenue. Des deux courbes obtenues, celle du brûleur à tête de retenue se trouve beaucoup plus à droite du graphique, indiquant ainsi la présence de faibles niveaux d'excédent d'air. En effet, la tête de retenue permet de maintenir la teneur en CO_2 de la fumée à un niveau d'excédent correspondant à 8,5 % tandis que le numéro indicateur de teneur en suie atteint le niveau intolérable supérieur à 9 % dans le cas des têtes classiques. Étant donné que les brûleurs à tête de retenue jouissent d'un faible excédent d'air, la courbe de rendement commence à un niveau plus

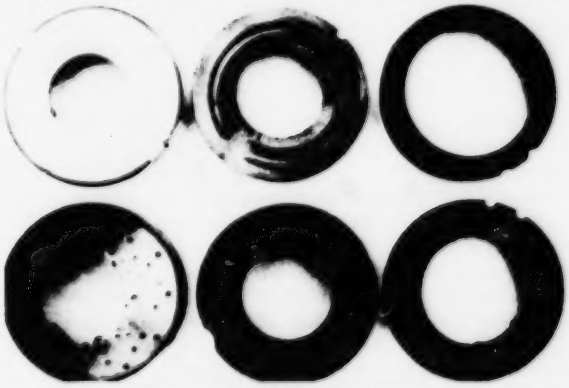


Figure 5.3 Têtes classiques.

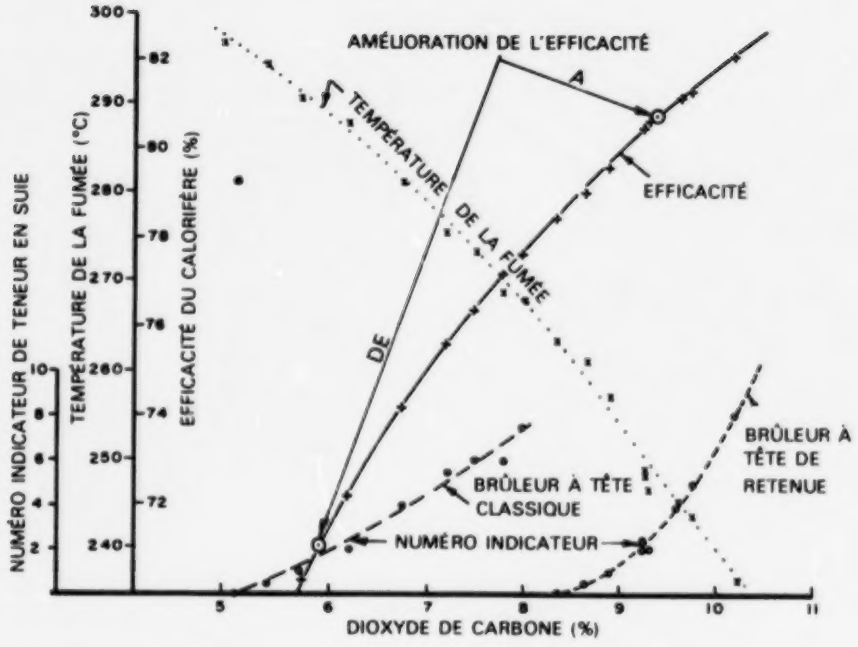


Figure 5.4 Amélioration de l'efficacité des brûleurs résidentiels au mazout entraînée par l'installation de têtes de retenue.

élevé que le seuil maximal de rendement des brûleurs à tête de fonte. Ainsi, si le numéro indicateur de teneur en suie est de l'ordre de 2, la tête de retenue permet d'obtenir un rendement en régime équilibré de plus de 81 % tandis que le taux de rendement des brûleurs classiques n'atteint que 73 %.

En plus de donner un meilleur rendement, le brûleur à tête de retenue permet également de porter la température de la flamme à un degré plus élevé que celle du brûleur en fonte et cela au même taux d'alimentation. Cependant, la température dans la cheminée se trouve considérablement réduite en raison d'une diminution de l'écoulement massique dans le système.

Les températures de la flamme augmentent en fonction de la diminution de l'excédent d'air qui provoque le refroidissement de la flamme. **Ainsi, il faut réduire le taux d'alimentation en adaptant un gicleur d'un cran plus petit au moins à un brûleur équipé d'une tête de retenue;** le réglage permet de protéger la chambre de combustion et l'échangeur de chaleur. Même en diminuant le taux d'alimentation, la maison reçoit toujours la même quantité de chaleur puisque l'efficacité du système s'en trouve du même coup améliorée.

De plus, si la chambre de combustion est faite d'acier inoxydable ou de brique réfractaire, il faut la recouvrir d'une fibre de céramique. Sans cette précaution, les températures plus élevées de la flamme obtenues grâce à la tête de retenue pourraient dépasser le degré de résistance de l'acier ou de la brique réfractaire et les parois de la chambre de combustion risqueraient de brûler.

La figure 5.5 démontre que l'installation d'une tête de retenue permet d'accroître le rendement d'un système de chauffage. La forte diminution de la consommation correspond, de façon générale, à une diminution de la demande. Dans cet exemple particulier, le rendement en régime équilibré est passé de 68 % à plus de 82 % et les économies de combustible atteignent plus de 20 %.

La tête de retenue conçue pour faciliter le mélange air-combustible permet d'utiliser un gicleur beaucoup plus petit que les têtes classiques tout en réduisant l'excédent d'air. Comme on l'explique au chapitre 4, où il est question de l'utilisation de gicleurs plus petits, le fait de réduire le taux d'alimentation permet de diminuer la consommation de combustible malgré un rendement en régime équilibré légèrement inférieur. De cette façon, l'utilisation d'une tête de retenue conçue de manière

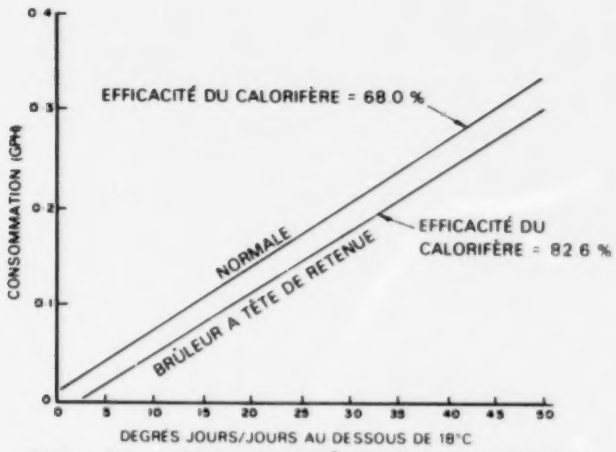


Figure 5.5 Effet de l'amélioration du rendement d'un brûleur sur la consommation de combustible.

à réduire de beaucoup le taux d'alimentation permet de réaliser de grandes économies de combustible.

Il est possible de remplacer à peu de frais la tête classique de nombreux brûleurs par une tête de retenue. Le rendement du brûleur converti correspond presque exactement à celui d'un nouveau brûleur à tête de retenue. Il se vend actuellement des pièces conçues pour s'adapter à de nombreux modèles ordinaires de brûleurs et dont l'installation s'effectue de façon relativement simple. Les pièces destinées à un certain nombre de modèles particuliers de brûleurs doivent être certifiées par l'ACNOR (Référence n° 3) et dans certains cas, il faudra peut-être réduire la longueur des pièces et les ajuster pour remettre le gicleur en place.

Il ne suffit pas, pour remplacer une tête classique de brûleur par une tête de retenue, de 10 min de travail à l'aide d'un simple tournevis. Par contre, le travail n'est pas non plus compliqué au point que le préposé à l'entretien évite de le faire. Cependant, ce dernier doit savoir comment s'y prendre et connaître les problèmes susceptibles de se présenter avant d'entreprendre le changement.

En général, le travail se subdivise en quatre étapes:

1. la décision;
2. le choix d'un taux d'alimentation;
3. le choix d'une nouvelle tête; et
4. l'installation.

Chaque étape peut également se subdiviser en une série d'opérations. Le procédé se trouve à la figure 5.6, sous forme de graphique, et se décrit de la façon suivante:

Décision

1. Examinez minutieusement le calorifère et le brûleur. Il est probablement inutile de modifier des appareils trop âgés ou trop corrodés. Effectuez l'entretien normal et, si l'état de l'appareil ou son rendement est médiocre, recommandez au client d'envisager de remplacer son système.

2. Dans le cas d'un calorifère en assez bon état, déterminez s'il existe un modèle de tête de retenue approprié et certifié par l'ACNOR. La présence de tubes de projection d'air, d'un diamètre inusité ou d'un brûleur de modèle spécial, rendrait peut-être impossible l'installation d'une tête de retenue. La conversion du brûleur ne peut se faire s'il n'existe aucun modèle de tête de retenue, certifié par l'ACNOR, qui puisse s'y adapter.

3. Effectuez un essai de rendement. S'il est supérieur à 77 %, la rentabilité de l'installation d'une nouvelle tête de retenue ne se fera sentir que si la capacité du calorifère dépasse de beaucoup les besoins de la maison. Par conséquent, il sera peut-être sage d'installer une tête de retenue tout en réduisant l'ouverture du gicleur. Cependant, il faut songer à comparer le besoin de maintenir la température dans la cheminée à plus de 175°C (350°F) et les faibles économies à espérer aux coûts de la nouvelle installation.

4. Plus l'essai indique un rendement faible (77 % et moins), plus il est rentable et même nécessaire d'installer une tête de retenue. Il s'agit maintenant de déterminer le nouveau taux d'alimentation.

Détermination du nouveau taux d'alimentation

Diminuer le taux d'alimentation permet d'améliorer le rendement du calorifère au cours de la saison froide. Cependant, deux facteurs limitent le choix du taux d'alimentation. En effet, la température dans la cheminée en régime équilibré ne doit jamais tomber en dessous de 175°C (350°F), afin d'empêcher l'accumulation de condensation dans la cheminée. Par ailleurs, le calorifère doit pouvoir assurer le chauffage de la maison au cours de la période la plus froide de l'année.

En règle générale, la plupart des calorifères ont dans la cheminée des températures supérieures au niveau minimal fixé et la capacité des calorifères surpasse souvent les besoins de la maison. Par ailleurs, il arrive souvent que le calorifère ne soit plus approprié aux besoins, en raison de la réfection du matériau isolant.

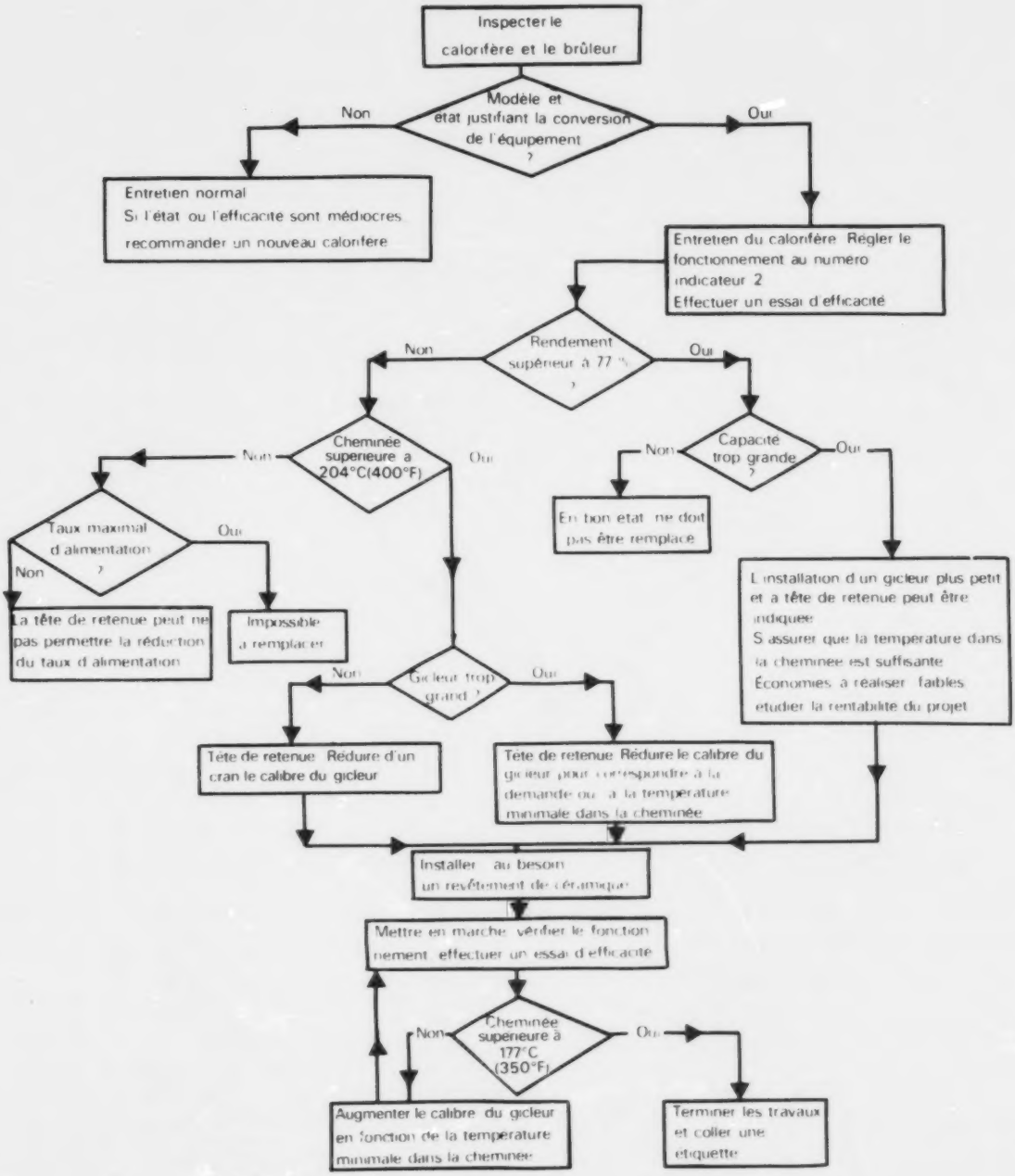


Figure 5.6 Étapes à suivre pour l'installation d'une tête de retenue sur un brûleur classique.

Pour déterminer, pour une maison donnée, le taux optimal d'alimentation, il suffit d'utiliser l'une des nombreuses méthodes de référence. L'annexe B contient d'ailleurs une méthode simplifiée facile à utiliser du moment que la consommation antérieure en combustible d'une maison est connue. Il ne faudra jamais oublier que les nombreuses méthodes de calcul approuvées ne parviennent qu'à des estimations prudentes et peuvent souvent indiquer l'emploi, dans le cas des gicleurs, de calibres beaucoup trop gros par rapport aux besoins réels. Cependant, en se fiant à son expérience, un préposé à l'entretien fera facilement un choix judicieux à l'aide de ces méthodes.

Après avoir déterminé le taux d'alimentation, on peut évaluer la température dans la cheminée. La température diminuera d'environ 30°C (70°F) si le système classique est remplacé par une tête de retenue. Pour chaque réduction d'un cran du calibre du gicleur, la température dans la cheminée diminuera d'environ 25°C (50°F). Ces données, bien que très approximatives, peuvent néanmoins guider le propriétaire dans le choix d'un gicleur. Si, après avoir arrêté son choix, il juge la température dans la cheminée encore trop basse, il lui faudra utiliser le gicleur de taille immédiatement supérieure.

Choix d'une nouvelle tête

Les tableaux de sélection offerts par les fabricants de tête de retenue permettent d'associer certaines catégories de têtes de retenue à des gicleurs de divers calibres. Dans certains cas même, deux modèles de têtes de retenue peuvent s'adapter au même gicleur. Le cas échéant, le choix devrait toujours se porter sur la tête de retenue la plus petite puisqu'elle permettra d'obtenir un meilleur rendement.

Installation

1. Lire les directives et les suivre rigoureusement.

2. La norme de tolérance est minime puisque l'ouverture de la tête est beaucoup plus petite qu'auparavant. Assurez-vous que le gicleur et le conduit de mazout sont parfaitement centrés. Un angle excentrique permettra au mazout pulvérisé d'atteindre la tête de retenue et de l'encrasser rapidement.

3. La plupart des têtes de retenue doivent être installées à 2,8 cm (1 1/8 po) du bout du gicleur.

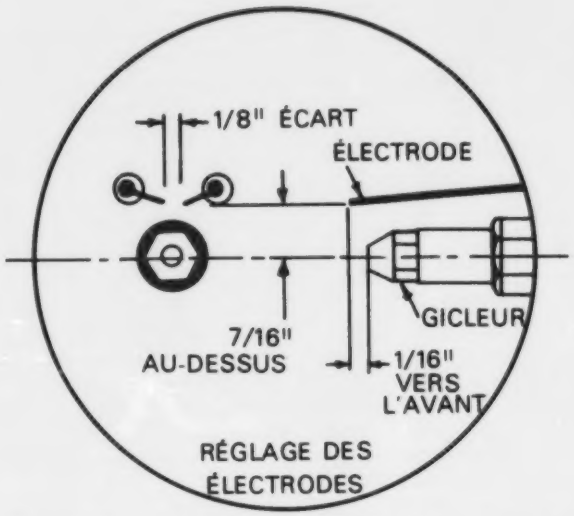


Figure 5.7 Disposition habituelle des électrodes par rapport à la tête de retenue.

4. Ne maintenez pas les électrodes trop rapprochées de la tête de retenue. Pliez ou changez-les de place, au besoin, pour qu'elles se trouvent à une distance suffisante. À moins d'indication contraire du fabricant, les électrodes doivent se situer à 0,3 cm (1/8 po) l'une de l'autre, à 0,15 cm (1/16 po) de la tête du gicleur et à 1,1 cm (7/16 po) au-dessus du centre du gicleur (fig. 5.7).

5. Assurez-vous que le support du conduit de mazout tient bien en place dans le tube de projection d'air. Si vous constatez que le gicleur peut bouger de droite à gauche, remplacez le support.

6. Assurez-vous que rien n'occupe l'espace entre les cellules au cadmium des brûleurs et la flamme. Au besoin, déplacez les cellules, puisque l'ouverture de la tête de retenue est habituellement plus petite que celle des têtes classiques.

7. S'il n'y a pas de revêtement de céramique dans la chambre de combustion **ou s'il y a contact direct entre cette dernière et les murs métalliques d'un échangeur de chaleur,** il faut installer un revêtement de céramique. Cette mesure s'impose, puisqu'une tête de retenue produit une flamme plus chaude que les têtes classiques. Par conséquent, la chaleur produite pourrait embraser de nombreux matériaux effectivement réfractaires à des températures plus basses.

8. Il arrive que la chaleur soit refoulée jusqu'au gicleur et à la tête de retenue dans les calorifères équipés d'une chambre de

combustion à encorbellement (c'est-à-dire que la superficie de la partie supérieure de la chambre est beaucoup plus petite que la superficie de la chambre). Les éléments du système peuvent, par conséquent, s'encrasser rapidement, et dans certains cas, les parois de la chambre de combustion peuvent brûler. Afin d'éviter ce problème, si la chambre de combustion est recouverte de céramique, coupez la partie supérieure en encorbellement. Dans le cas d'une chambre en acier inoxydable ou recouverte de brique réfractaire et formant un encorbellement, installez un recouvrement de céramique **sans laisser** d'encorbellement dans la chambre.

9. Réinstallez le brûleur dans le calorifère et exécutez les réglages et mises au point normales déjà décrites.

10. Effectuez un essai de rendement du calorifère amélioré. La température dans la cheminée doit se maintenir au-dessus de 175°C (350°F). Si le calibre du gicleur a été réduit de plusieurs crans et que la température dans la cheminée atteint moins de 175°C, il vous faudra augmenter le calibre du gicleur ou ouvrir légèrement le ruban de réglage d'entrée d'air afin de porter la température dans la cheminée au niveau minimal.

11. Préparez les étiquettes de mise en garde et collez-les sur le calorifère. Inscrivez sur les étiquettes les résultats de l'essai de rendement et le calibre du gicleur utilisé. Veuillez également y indiquer le nouveau taux maximal d'alimentation du calorifère, puisque ce taux devrait être inférieur au taux original.

Soupape solénoïdale à action différée

Dès la mise en fonctionnement d'un brûleur classique, le mazout est pulvérisé dans la chambre de combustion avant que la pompe n'atteigne une pression manométrique de 100 lb/po^2. Il va sans dire qu'à cet instant la circulation de l'air n'est pas complètement rétablie. La figure 2.5 montre qu'il y a, au moment de l'allumage, formation de fumée très dense pendant quelques instants et accumulation excessive de suie dans le calorifère.

Si l'allumage est retardé, le problème devient plus complexe et la fumée ainsi que la suie peuvent envahir la maison.

La situation se répète à la fin du cycle de combustion. À l'arrêt du brûleur, la flamme s'éteint mais la pression ne disparaît pas immédiatement à la sortie de la pompe. En réalité, il se produit un genre de succion et un mince filet de mazout continue d'être pulvérisé pendant quelques instants sur le gicleur encore chaud d'où la cokéfaction du combustible et la production de grandes quantités de carbone. En outre, l'arrêt du souffleur fait qu'il n'y a que très peu d'air pour alimenter la combustion du reste du mazout. La suie se forme en grande quantité et se dépose sur la tête du brûleur et l'échangeur de chaleur. Il semble inévitable que le problème ne fasse qu'empirer après un certain temps, en raison de l'amollissement du ressort de fermeture et de l'usure de la pompe. La figure 2.5 montre également la formation de suie en fin de cycle dans un calorifère équipé d'un brûleur classique.

Les **soupapes solénoïdales à action différée** permettent de minimiser tous les problèmes susmentionnés. Ce dispositif s'installe dans le conduit de mazout entre la sortie de la pompe et le gicleur. Au moment où le brûleur est mis en marche, les soupapes solénoïdales empêchent le mazout d'atteindre le gicleur pendant environ 10 s. Ce court délai permet au souffleur d'atteindre son plein régime tandis que la pression de la pompe rejoint le niveau requis. Dès l'arrêt du brûleur, la soupape solénoïdale obstrue complètement le conduit de mazout et empêche ainsi toute goutte de mazout de se rendre au gicleur. Ce dispositif prévient la formation de grandes quantités de suie. L'efficacité de l'échangeur de chaleur s'en trouve améliorée au cours de la saison froide et il faut moins d'apport d'air pour alimenter le brûleur. Il en résulte également un numéro indicateur de teneur en suie plus élevé (1-3) en régime équilibré et un meilleur rendement du calorifère. Par ailleurs, les préposés à l'entretien reçoivent moins d'appels des propriétaires incommmodés par des retours de fumée, par la formation de suie ou par l'odeur à l'allumage du calorifère.

L'installation d'un **embrayage à friction** entre l'axe du souffleur et la pompe peut également aider à résoudre le problème. Il s'agit d'un système conçu pour permettre au souffleur de tourner à plein régime avant le démarrage de la pompe ainsi que de tourner pendant encore quelques moments après l'arrêt du brûleur afin de fournir l'air nécessaire à la combustion du mince filet de mazout qui continue d'être siphoné dans le gicleur.

Un embrayage à friction en bon état améliore autant le rendement du calorifère que la soupape solénoïdale à action différée. Cependant, l'embrayage à friction installé dans un milieu huileux et sale ne parvient pas toujours à fournir un rendement fiable, et ce surtout lorsqu'il y a accumulation de vapeur de mazout, cause habituelle du glissement de l'embrayage. Le cas échéant, l'embrayage à friction nuit réellement au rendement du calorifère au lieu de l'améliorer.

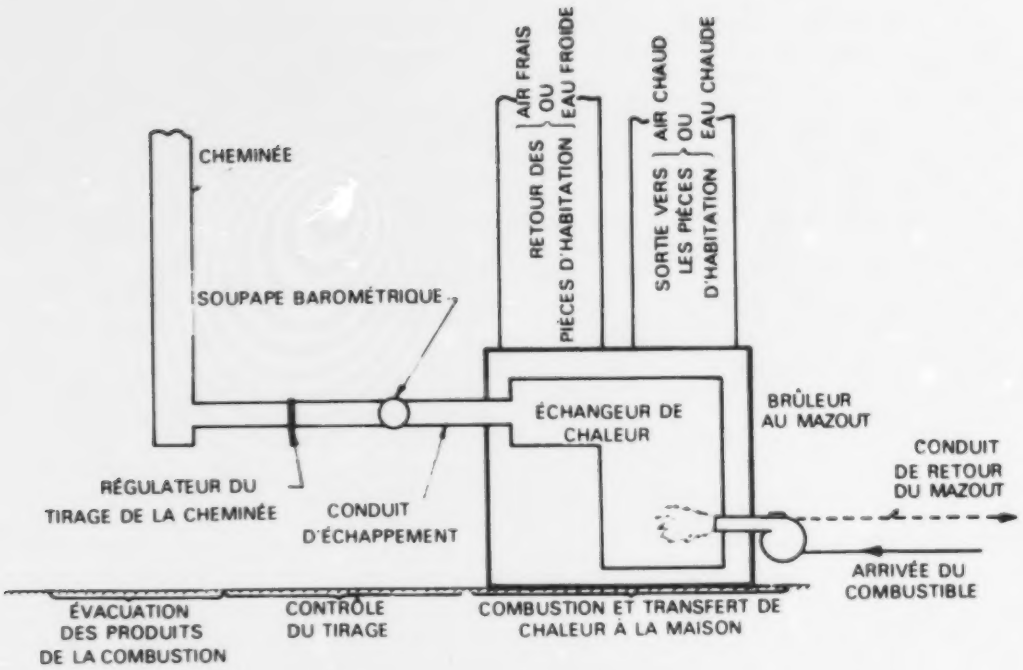


Figure 5.8 Schéma d'une chaudière et d'un calorifère au mazout indiquant la position du régulateur du tirage de la cheminée.

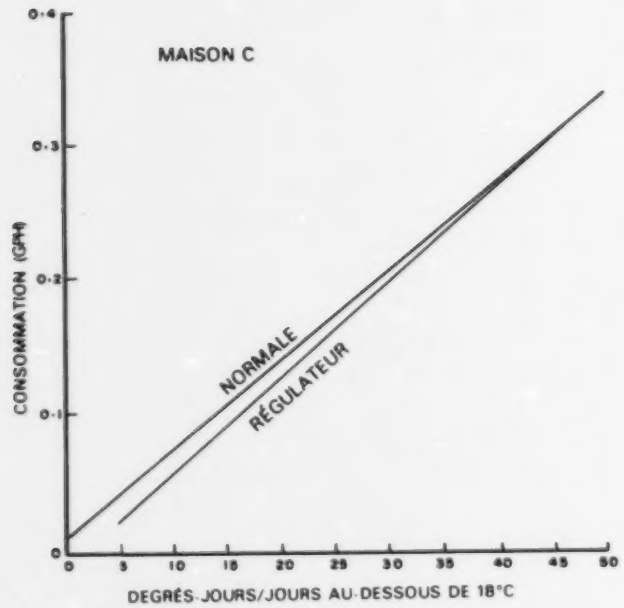


Figure 5.9 Effet du régulateur du tirage de la cheminée sur la consommation de combustible.

Actuellement, il semble que la soupape soléndïdale à action différée améliore le plus efficacement le rendement global; tous les types de brûleur à pistolet devraient donc être pourvus de cette soupape. Pour obtenir de meilleurs résultats, la soupape devrait être installée le plus près possible du conduit de mazout du brûleur (et du gicleur), conformément aux directives du fabricant. Il ne faudrait pas oublier que la plupart des provinces interdisent l'emploi de fils non recouverts. Par conséquent, un revêtement métallique doit protéger les fils.

Régulateur du tirage de la cheminéc

À l'arrêt du brûleur, l'appel d'air de la cheminée continue de tirer l'air chaud de la maison par les ouvertures du brûleur, du calorifère et de la soupape barométrique. Il y a donc perte d'air à deux endroits différents. D'abord, ce qui reste de chaleur à l'intérieur de la chambre de combustion et de l'échangeur de chaleur est aspirée par la cheminée tout comme l'air chaud circulant dans le brûleur. Les systèmes à eau chaude accusent des pertes légèrement plus importantes que les systèmes à air chaud puisque l'eau de l'échangeur de chaleur emmagasine de grandes quantités de chaleur. Enfin, l'air chaud des pièces est aspiré à la fois par le calorifère et par la soupape barométrique et se rend à la cheminée, causant ainsi une autre perte considérable de chaleur. En raison de la circulation de l'air vers l'extérieur de la maison, cet air chaud se trouve remplacé par de l'air froid.

Pour réduire les pertes de chaleur par la cheminée au cours des périodes d'arrêt du calorifère, il suffit d'installer dans le conduit d'échappement un régulateur du tirage de la cheminée sous la soupape barométrique, comme l'illustre la figure 5.8. Le régulateur est conçu de façon à fermer le conduit à l'arrêt du calorifère et à l'ouvrir avant le démarrage du calorifère. Un dispositif de verrouillage doit empêcher l'allumage du brûleur aussi longtemps que la soupape n'a pas atteint le degré d'ouverture requis. Seuls les régulateurs conçus pour les calorifères à mazout et approuvés par l'ACNOR (Référence n° 1) et les autorités locales compétentes peuvent être installés au Canada. Il faut également suivre à la lettre les directives du fabricant.

La figure 5.9 compare la consommation de combustible d'un calorifère équipé d'un régulateur du tirage de la cheminée à celle d'un calorifère sans régulateur. Compte tenu du mode d'installation, on peut s'attendre à des économies de mazout de 3 à 9 %. Il est intéressant de remarquer, au tableau, la courbe de consommation d'un calorifère équipé d'un régulateur. Les économies atteignent leur sommet lorsque la température est douce puis diminuent rapidement au fur et à mesure que la température refroidit. En effet, les calorifères fonctionnent plus longtemps et les périodes d'arrêt sont plus courtes. Ainsi, les systèmes suralimentés fonctionnant en période de température généralement tempérée permettent de réaliser les plus grandes économies. Les économies permises grâce au régulateur du tirage de la cheminée sont inversement proportionnelles à la réduction du calibre du gicleur.

CHAPITRE 6

RECOMMANDATIONS À FAIRE AUX CLIENTS

Avec l'augmentation des coûts du chauffage des maisons, il devient nécessaire d'améliorer le rendement des systèmes de chauffage. Les propriétaires cherchent de plus en plus des moyens de réduire leur consommation de mazout. Ils s'adressent donc aux préposés à l'entretien de leur calorifère et vous devriez, selon eux, avoir réponse à tout. Le préposé, incapable de répondre de façon exacte à leurs questions, se trouve donc embarrassé.

Filtres à air

Les filtres encrassés réduisent l'arrivée de l'air jusqu'à l'échangeur de chaleur et nuisent au rendement du calorifère. Cependant, vous ne changez les filtres qu'une fois par année. Prenez donc le temps d'indiquer au client l'emplacement des filtres et de lui montrer comment s'y prendre pour les nettoyer ou les remplacer. Expliquez-lui qu'il peut aider à prolonger de 2 à 3 fois la durée des filtres en les nettoyant au moyen d'un aspirateur et qu'il peut accroître la rentabilité de son système en procédant au nettoyage ou au changement mensuels des filtres.

Indicateurs de la température dans la cheminée

De nombreux clients pourront s'intéresser à l'essai du rendement en régime équilibré du calorifère. Proposez-leur de s'acheter un thermomètre afin de mesurer la température dans la cheminée à intervalles réguliers au cours de la saison. Le client pourra ainsi surveiller au moins l'un des aspects du rendement et faire appel à vos services s'il constate une forte augmentation de la température. Les bons thermomètres ne sont pas trop dispendieux et vous pourrez, en quelques minutes, lui en expliquer le fonctionnement.

Bouches d'aération et radiateurs

Les bouches d'aération ou radiateurs obstrués par des tapis ou des meubles ou bouchés par la poussière et des débris ne permettent pas une libre circulation de l'air. Les propriétaires ne réalisent pas toujours l'importance de maintenir les bouches d'air dégagées.

Réduction de la température

Il existe un moyen facile et efficace de réduire la consommation de combustible. Recommandez à votre client de réduire la température de la maison de quelques degrés pendant la journée et de plusieurs degrés au cours de la nuit. Il n'y a rien à acheter, rien à mesurer, votre client n'a qu'à abaisser le réglage du thermostat et il économise immédiatement du combustible (voir chapitre 4).

Installation de matériau isolant et étanchéité de la maison

Les pertes de chaleur d'une maison sont attribuables à la transmission de la chaleur dans les murs, les planchers, le toit, les fenêtres et les portes. La chaleur s'échappe également par convection ou par les courants d'air le long des portes et des fenêtres, par les fissures ou par d'autres ouvertures comme la cheminée du foyer. Faites comprendre au propriétaire qu'il est aussi important de calfeutrer ou d'installer des coupe-bise et du matériau isolant dans sa maison pour maintenir sa consommation de combustible à un bas niveau que d'obtenir un bon rendement de son calorifère et conseillez-lui de se procurer le guide intitulé Emprisonnons la chaleur (Référence n° 9). Même une maison passablement neuve peut encore subir certaines améliorations.

Par exemple, à moins de recouvrir les murs du sous-sol jusqu'au plancher d'un matériau isolant d'un facteur R-7 (RSI 1,23), ils peuvent laisser échapper jusqu'à 20 % de la chaleur. Le point d'assemblage des poutres du sous-sol et des murs extérieurs constitue également une autre grande source de perte de chaleur et exige l'installation de matériau isolant d'un facteur R-12 (RSI 2,1) environ.

En calculant le rendement en régime équilibré, les propriétaires peuvent ne pas tenir compte des pertes par rayonnement du boîtier du calorifère en prétendant que la chaleur se répand dans la maison. En réalité, il y a beaucoup plus de chances que la chaleur s'échappe à l'extérieur par les murs non isolés du sous-sol, surtout de nos jours, puisque les épaisses moquettes et les sous-tapis installés à l'étage constituent un matériau isolant qui aggrave le problème. Au cours de l'hiver, regardez le long de la maison et vous constaterez que la neige a

tendance à fondre près des murs. Recommandez donc au propriétaire d'isoler les murs de son sous-sol et de calfeutrer les joints.

Foyers et poêles à bois

Les foyers constituent un autre facteur très souvent négligé. En réalité, les foyers encastrés ont un très faible rendement thermique net. Le plus souvent, ces foyers ont un rendement négatif puisque l'énorme quantité d'air excédentaire aspirée dans la cheminée par le foyer laisse pénétrer une quantité correspondante d'air froid dans la maison.

Le propriétaire oublie souvent de s'occuper du registre qui reste ouvert pendant de longues périodes après l'extinction du feu (même pendant tout l'hiver), permettant ainsi à l'air froid de pénétrer dans la maison. Des mesures ont démontré que l'utilisation d'un foyer augmente réellement la consommation de mazout dans certains cas. Recommandez donc au propriétaire de fermer le registre lorsque le foyer est éteint. Vous pouvez même lui suggérer de condamner complètement son foyer.

Par contre, un poêle à bois hermétique peut constituer le complément idéal d'un système de chauffage central classique. Les essais effectués par le LCRC ont démontré qu'un poêle bien conçu, pourvu d'un déflecteur ou d'un régulateur de tirage et installé dans une pièce principale, peut se révéler aussi efficace qu'une chaudière au mazout ou au gaz.

CHAPITRE 7

TECHNOLOGIE FUTURE

Brûleur à faible taux d'alimentation

Au chapitre 4, la partie intitulée Installation d'un gicleur plus petit explique de quelle façon la diminution du taux d'alimentation permet au calorifère de fonctionner plus longtemps en régime équilibré tout en réduisant les pertes pendant le temps d'arrêt. À l'heure actuelle, les gicleurs des brûleurs à mazout n'alimentent pas les calorifères à un taux inférieur à 0,05 GPH (US). Cependant, des recherches sont actuellement en cours en vue de mettre au point des brûleurs capables de fonctionner à un taux d'alimentation encore inférieur et de prolonger ainsi les cycles de fonctionnement. D'autres brûleurs perfectionnés à haut rendement feront vraisemblablement leur apparition sur le marché dans un proche avenir. Une autre solution serait de combiner le chauffage à l'eau chaude et le chauffage par convection comme on l'explique ci-dessous.

Brûleur modulé

Les chercheurs étudient également les possibilités de trouver une méthode d'alimentation continue. Il s'agit d'utiliser un brûleur modulé pouvant être alimenté à des taux variables, à partir de 0,2 GPH jusqu'à 0,8 GPH ou moins. Un tel système permettra d'accroître considérablement l'efficacité des systèmes actuels, bien que des problèmes peuvent survenir en raison de la condensation qui se produit dans l'échangeur de chaleur à des taux d'alimentation moins élevés.

Récupérateurs de chaleur perfectionnés

Dans certains cas, la température dans la cheminée est élevée et il n'existe aucun moyen peu coûteux de réduire les pertes de chaleur par la cheminée. Dans ces cas, un récupérateur de chaleur conçu pour extraire la chaleur de la fumée peut aider à résoudre le problème. Il existe différents modèles de ces dispositifs qui sont habituellement installés dans le conduit d'aérage du calorifère.

La suie est le principal problème lié à ces dispositifs. En effet, l'accumulation de suie parvient à réduire en peu de temps le rendement de tout bon modèle de récupérateur. Cependant, les améliorations apportées à la conception technique et aux matériaux ont permis de résoudre ce problème. Généralement, il est beaucoup plus efficace et moins coûteux de réduire la température dans la cheminée en améliorant le rendement du brûleur. Du même coup on réduit la quantité d'air requise en utilisant un gicleur plus petit au lieu d'un autre échangeur de chaleur, à moins que ce dernier ne soit incorporé au système de chauffage comme c'est le cas pour les calorifères décrits ci-dessous.

Brûleurs modernes perfectionnés

Les techniques nouvelles permettent de développer des calorifères au mazout plus efficaces, capables d'éliminer les produits de combustion et n'exigeant pas de dispositif de dilution. Plusieurs des nouveaux appareils seront plus sécuritaires et conviendront davantage pour les maisons dont l'étanchéité est élevée, tout en étant de 10 à 20 % plus efficaces que les systèmes de chauffage comportant un brûleur à tête de retenue. Leur taux d'efficacité sera jusqu'à 37 % supérieur à celui des calorifères classiques au mazout ou au gaz.

Brûleurs à faible taux d'alimentation

Le brûleur à faible taux d'alimentation élimine le besoin d'un dispositif de dilution (soupape barométrique qui requiert un apport d'air considérable), sans condenser les fumées. Ceci peut être accompli de deux façons différentes:

1. en utilisant un ventilateur à air induit, en aval de l'échangeur de chaleur, ce qui a pour effet de soutirer les gaz de combustion du calorifère et de les acheminer vers la cheminée;
2. en utilisant un système à tirage avec un brûleur à mélange surpressé et en modifiant un peu

l'intérieur du calorifère afin d'isoler le brûleur des fluctuations de la pression extérieure.

Avec l'une ou l'autre de ces techniques, les pertes de cycle sont peu importantes.

L'élimination du dispositif de dilution qui exige un apport d'air important mais variable permet de connaître exactement la quantité de fumée dont le système d'aérage doit disposer. D'autre part, il est alors possible de connaître de façon précise les dimensions du système d'aréage et de l'isoler en vue d'accroître l'efficacité du calorifère en régime équilibré et de réduire ainsi la perte de fumée sèche (chaleur sensible). Les pertes transitoires sont également minimisées. Pendant la saison de chauffage, l'efficacité de ce genre de calorifère est presqu'identique à celle qu'il démontre en régime équilibré.

Par rapport aux calorifères classiques, les économies de combustible seraient, dépendant du modèle, de 19 % à 31 %, et le taux du rendement pourrait atteindre 88 % pendant la saison de chauffage.

Comparativement aux calorifères équipés d'une tête de retenue, ce calorifère permettrait de réaliser des économies de 10 %, au moins, même si son efficacité en régime équilibré est semblable à celle des autres calorifères.

Il comporte d'autres avantages, tels moins de dépendance sur l'aérage naturel et une réduction considérable de l'apport d'air. De plus, le calorifère est doté d'un dispositif d'arrêt pour plus de sécurité dans le cas d'un blocage ou d'un refoulement de la fumée. La connaissance de la quantité exacte et de la température de la fumée qui s'acheminera vers la base du calorifère permet d'établir des dimensions exactes de la cheminée et de s'assurer qu'elle possède la capacité requise afin de réduire les risques de condensation dans le système.

Système à l'eau chaude à convection naturelle

Un calorifère à faible taux d'alimentation répondant aux exigences d'un système de chauffage à l'eau chaude à convection naturelle et pouvant stocker l'énergie sous forme d'un réservoir à eau chaude, permettrait d'utiliser efficacement le mazout dans les maisons à faible rendement énergétique, nonobstant le taux d'alimentation actuel qui est de 0,4–0,5 GPH (US). Dans ce cas, le calorifère continuerait de fonctionner à son rythme le plus efficace après le réglage du thermostat, fournissant de la chaleur au réservoir d'eau chaude pour des utilisations futures.

Calorifère à condensation

Le mazout no 2 et le gaz naturel contiennent de l'hydrogène, qui lors de la combustion, forme de la vapeur d'eau, qui est "concentrée" par la flamme, développant ainsi de l'énergie latente. Par rapport au mazout, le gaz naturel contient deux fois plus d'hydrogène et par conséquent, ses fumées contiennent beaucoup plus d'humidité que celles de l'huile, ce qui cause une "perte d'hydrogène" fixe d'environ 12 % dans les installations classiques alimentées au gaz.

Une installation semblable alimentée au mazout, dont la fumée contient beaucoup moins de vapeur d'eau, subit une perte d'hydrogène d'environ 6 % seulement. Le calorifère à condensation alimenté au mazout s'efforce de récupérer une partie de la chaleur latente susmentionnée en condensant une part de l'humidité contenue dans la fumée, dans une section d'échange de chaleur supplémentaire. Comme la température de la fumée d'un calorifère à condensation est très basse, une cheminée n'est pas requise. Les produits de condensation sont simplement évacués dans le conduit d'aérage en plastique installé dans le mur extérieur et le condensat est acheminé vers l'égoût.

Comme le mazout contient beaucoup moins d'hydrogène que le gaz naturel, les possibilités d'améliorer l'efficacité du mazout en condensant la fumée sont moindres – le point de rosée étant plus bas, plus d'énergie est requise pour un taux de condensation moindre. De plus, le produit de condensation dont la teneur en soufre est très élevée, est plus sujet à la corrosion. Par conséquent, tout échangeur de chaleur à condensation pour calorifère au mazout doit posséder une plus grande résistance à la corrosion. Le fait que la combustion du mazout produise

également une certaine quantité de suie qui peut concentrer le condensat acide sur certains points de la surface de l'échangeur de chaleur complique davantage les choses.

L'efficacité de ce brûleur peut être de 5 à 10 % plus élevée que celle du brûleur à faible taux d'alimentation décrit antérieurement si la nécessité d'un dispositif de dilution est éliminée. Cependant, certains modèles de condensateurs de vapeur d'eau doivent être munis d'une soupape barométrique et le conduit de cheminée classique peut rester ouvert bien que le tuyau d'aérage en plastique fixé dans le mur extérieur soit utilisé. Dans ce cas, la plus grande partie de la fumée peut être évacuée dans la cheminée sans passer par la section de condensation. Le rendement de ces systèmes pendant la saison de chauffage n'est pas aussi élevé qu'en régime équilibré. En fait, il peut être moindre que celui du brûleur à faible taux d'alimentation.

Le brûleur à faible taux d'alimentation et le brûleur à condensation alimentés au mazout comportent des avantages importants sur le plan de l'efficacité comparativement aux systèmes de chauffage classique existants, et ce, en plus grand nombre que ne le dénotent les différences entre leur rendement en régime équilibré. Cependant, le brûleur à condensation peut sembler moins intéressant pour ce qui est de la consommation du mazout par rapport à celle du gaz en raison des coûts et des problèmes éventuels. D'autre part, le taux d'efficacité du brûleur à faible taux d'alimentation est à peu près le même mais ce brûleur ne présente pas les inconvénients inhérents à la condensation.

Le tableau 7.1 présente le rendement en régime équilibré et le rendement pendant la saison de chauffage des techniques de chauffage au mazout décrites dans ce manuel.

Tableau 7.1 Rendement de divers brûleurs au mazout

Genre de brûleur	Efficacité en régime équilibré	Économies de combustible vs brûleur classique	Rendement pendant la saison de chauffage
Classique	73 %	de base	60 %
Avec soupape de cheminée	73 %	3–11 %	62–68 %
Avec tête de retenue	78–84 %	10–20 %	67–75 %
À faible taux d'alimentation	75–88 %	19–31 %	74–87 %
À condensateur	90–96 %	29–37 %	85–95 %

RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

1. Association canadienne de normalisation, "Automatic Flue Pipe Dampers for Use with Oil-Fired Appliances", norme ACNOR B140-14, 1979.

2. Association canadienne de normalisation, "Code d'installation pour l'équipement de combustion d'huile", norme ACNOR B139, 1979.

3. Association canadienne de normalisation, "Replacement Combustion Heads for Residential Oil Burners", norme ACNOR B 140-2.3-M, 1979.

4. Brown, T.D., "Comparative Performance Characteristics of Typical Oil-Fired Domestic Space and Water Heating Appliances", compendium de rapports réalisés par le LCRC à la demande de l'Association pétrolière de l'Ontario, 1975.

5. Brown, T.D., "Performance of Vane Swirlers in Domestic Oil Burners", FRC 72/59, 1972.

6. Burkhardt, C.H., "Domestic and Commercial Oil Burners", McGraw Hill, 1969.

7. Don, W.A., "The Efficiency of Domestic Oil Burning Boilers at Reduced Load", Energy World, janvier 1976.

8. Énergie, Mines et Ressources Canada, "Emprisonnons la chaleur – Comment refaire l'isolation thermique de votre maison", Bureau de la conservation de l'énergie, M92-1/1983F.

9. Énergie, Mines et Ressources Canada, "Les systèmes de chauffage: guide du consommateur", M27-10/1983F.

10. Friedrich, F.D., "Combustion Handbook for Canadian Fuels – Fuel Oil", v. I, Monograph 877, Direction des mines, 1969.

11. Hayden, A.C.S., Braaten, R.W., et Brown, T.D., "Emissions and Energy Conservation in Residential Oil Heating", Journal of the Air Pollution Control Association, v. 28, n° 7, juillet 1978.

12. Hayden, A.C.S., Braaten, R.W., et Brown, T.D., "Oil Conservation in Home Heating", ASME Journal of Engineering for Power, janvier 1977 et ASME Paper No. 76WA/Fu-8, 1976.

13. Hise, E.C., "Seasonal Fuel Utilization of Residential Heating Systems", ORNL-NSF-EP-82, avril 1975.

14. Janssen, J., et Bonne, U., "Improvement of Seasonal Efficiency of Residential Heating Systems", ASME Paper No. 76WA/Fu-7, décembre 1976.

15. Katzman, L., et Weitzman, D., "A Study to Evaluate the Effect of Reducing Firing Rates on Residential Oil Burner Installations", ABCOR, Contract 6-35738, NBS Centre for Building Technology, U.S. Dept. of Commerce, 1977.

16. Rasmussen, P.H., "Operational Efficiency and Hot Water Capacity of Oil-Fired Domestic Boilers", Royal Institute of Technology, Department of Heating and Ventilating, Stockholm, Suède, 1979.

17. United States Environmental Protection Agency, "Guidelines for Residential Oil-Burner Adjustments"; EPA-600/ 2-75-069-a, 1975.

ANNEXE A

CALCUL DE L'EFFICACITÉ

Le principe de base pour le calcul de l'efficacité est en fait relativement simple. Le contenu d'énergie calorifique du combustible étant connu, ce qui s'échappe de la cheminée constitue donc une perte. La différence entre les deux correspond à la chaleur utilisable produite par le calorifère. Exprimé par formule mathématique, le calcul donne:

$$\text{efficacité} = \frac{(\text{chal. int. (comb.)} - \text{perte de chal.}) \times 100}{\text{chaleur interne (combustible)}}$$

Trois éléments montent dans la cheminée lorsque le calorifère fonctionne: de la fumée sèche formée par la combustion de l'hydrogène et du combustible, de l'eau sous forme de vapeur surchauffée et des résidus de combustion incomplète qui consistent en de l'oxyde de carbone et des particules de suie (carbone).

Perte de fumée sèche

Un volume d'air supérieur à celui requis pour la combustion du mazout pénètre à l'intérieur du calorifère. Cet excédent d'air est mélangé aux gaz de combustion et chauffé à la température de la cheminée. L'énergie calorifique présente dans les gaz de combustion et l'excédent d'air lorsque la température dans la cheminée est atteinte constitue la perte de fumée sèche. L'énergie perdue pour chauffer la fumée sèche est directement proportionnelle à l'excédent d'air et à la température dans la cheminée.

Perte d'hydrogène

L'hydrogène produite lors de la combustion du mazout se combine à l'oxygène pour former de l'eau. La chaleur produite par le feu transforme l'eau en vapeur et chauffe ensuite la vapeur à la température de la cheminée. L'énergie calorifique nécessaire à la transformation de l'eau en vapeur et ensuite à l'élévation de la température de cette vapeur du point d'ébullition à la température de la cheminée constitue donc une perte d'hydrogène.

Étant donné que la perte d'hydrogène dépend seulement de la quantité de combustible consumé, et non de l'excédent d'air, l'énergie perdue dépend uniquement de la température de la cheminée.

Pertes dues à une combustion incomplète

L'oxyde de carbone (CO) produit dans la fumée par suite d'une combustion incomplète possède une teneur calorifique supérieure au dioxyde de carbone (CO_2) entièrement consumé. En fait, l'oxyde de carbone peut brûler en présence de l'oxygène et produire du dioxyde de carbone en plus de la chaleur. La chaleur qui demeure emprisonnée dans l'oxyde de carbone correspond à la perte de chaleur causée par la combustion incomplète.

La même chose s'applique aux particules de suie contenues dans la fumée. Toutefois, il n'est pas nécessaire de tenir compte des pertes, habituellement inférieures à 0,1 %, à moins d'avoir affaire à un calorifère passablement déréglé ou défectueux. La production type d'oxyde de carbone est de l'ordre de 40 ppm.

Mesure

Pour mesurer en laboratoire l'efficacité en régime équilibré d'un calorifère au mazout, il suffit de calculer la perte en fumée sèche, la perte d'hydrogène et la perte due à la combustion incomplète. La perte de chaleur globale et le contenu calorifique du mazout consumé sont alors utilisés dans la formule pour calculer l'efficacité. Des descriptions plus complètes du calcul des pertes réalisé à l'aide des figures C.3, C.4 et C.5 de l'annexe C se trouvent à la référence n° 10.

ANNEXE B

CALCUL DU CALIBRE OPTIMAL DU GICLEUR

Les formules suivantes permettent le calcul du calibre optimal du gicleur pour une habitation dont les dossiers de consommation de combustible ont été bien tenus. Pour déterminer le calibre du gicleur, procéder de la façon suivante:

A. Calibre du gicleur (GPH (US)) =

$$\frac{18 - \text{température théorique (°C)}}{20K}$$

où

$$K = \frac{\text{degrés-jours pour une période donnée (°C)}}{\text{consommation pour même période (gal. imp.)}}$$

Pour la consommation de combustible en litres, le facteur K peut être exprimé ainsi:

$$K = \frac{\text{degrés-jours pour une période donnée (°C)}}{,22 \times \text{consommation pour même période (L)}}$$

B. Correction de l'amélioration du rendement

Calibre optimal du gicleur =

$$\frac{\text{(cal. déterm. en A.)} \times \text{(\% effic. trouvée)}}{80}$$

Les graphiques des pages suivantes permettent de déterminer le calibre du gicleur sans avoir recours aux calculs mathématiques. (La marche à suivre pour les lire suit.)

Exemple 1

Température théorique d'hiver: -18°C

Consommation de mazout, à partir du remplissage du 16 nov. jusqu'à celui du 10 fév.: 5 800 L

Degrés-jours Celsius pendant cette période: 3 850

Rendement mesuré du calorifère: 73 %

Si ce calorifère doit être équipé d'une tête de retenue, quel serait le calibre optimal du gicleur?

En vous servant du graphique au haut de la page 44, tracez une ligne vers le haut à partir de 3 800 degrés-jours et une autre transversale à partir de 5 800 L. Le point d'intersection tombe sur la ligne 3 du facteur K. Tracez une ligne verticale à partir de ce facteur K sur le graphique de la page 45 et une autre transversale à partir de la température théorique d'hiver de -18°C. Le point d'intersection se trouve sur la ligne du gicleur de 1,2 GPH (US). Si l'efficacité du calorifère demeurait constante, ce serait là le calibre optimal du gicleur approprié pour ce calorifère et cette maison.

Cependant, il est à espérer que l'efficacité montre quelque amélioration, permettant ainsi l'emploi d'un gicleur plus petit. En présumant un nouveau rendement d'au moins 80 %, on peut utiliser le graphique de la page 46 pour déterminer le calibre final du gicleur requis. Tracez une ligne verticale à partir de 1,2 GPH (US), et une ligne transversale à partir du rendement mesuré de 73 %. Le point d'intersection se trouve juste au-dessous de la ligne de 1,1 GPH (US). Le calibre optimal du gicleur du calorifère, une fois amélioré, est donc de **1,1 GPH (US).**

Exemple 2

Pendant une saison de chauffage de 4 200 degrés-jours Celsius, une maison a consommé 950 gal. imp. de mazout. La température théorique d'hiver dans la région où se trouve cette maison est de -10°C. Le calcul de l'efficacité du calorifère a donné le taux de 69 %. À l'aide de quel calibre de gicleur devrait s'effectuer la conversion de ce calorifère pour en améliorer le rendement?

En cas de consommation de combustible en gallon impérial, utilisez le graphique du bas de la page 44 pour déterminer le facteur K. La ligne verticale tracée à partir de 4 200 degrés-jours et la ligne transversale tracée à partir de 950 gal. se rencontrent à mi-chemin entre les lignes 4 et 5 du facteur K. Utilisez donc un facteur K de 4,5 dans le graphique de la page 45: la ligne verticale tracée à partir de 4,5 et la ligne transversale à partir de la température de calcul de -10°C se rencontrent entre les lignes correspondant aux calibres de gicleur de 0,6 et 0,65 GPH (US). En vous servant du chiffre de 0,63 sur le graphique de la page 46, tracez une ligne verticale à partir de cette valeur, et une autre transversale à partir de 69 %; elles se rencontrent à mi-chemin entre les lignes correspondant aux calibres de gicleur de 0,5 et 0,6 GPH (US). Il appert donc que, dans ce cas, le calorifère en question exige l'emploi d'un gicleur de calibre optimal de **0,6 GPH (US).**

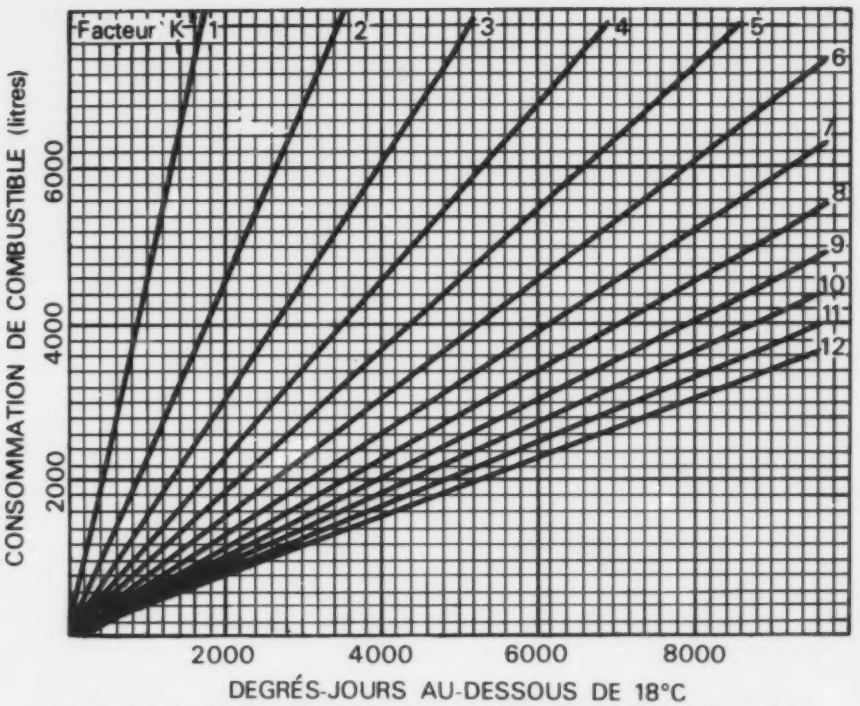


Figure B.1 **Détermination du facteur K d'après les degrés-jours (°C) et la consommation de combustible (litres).**

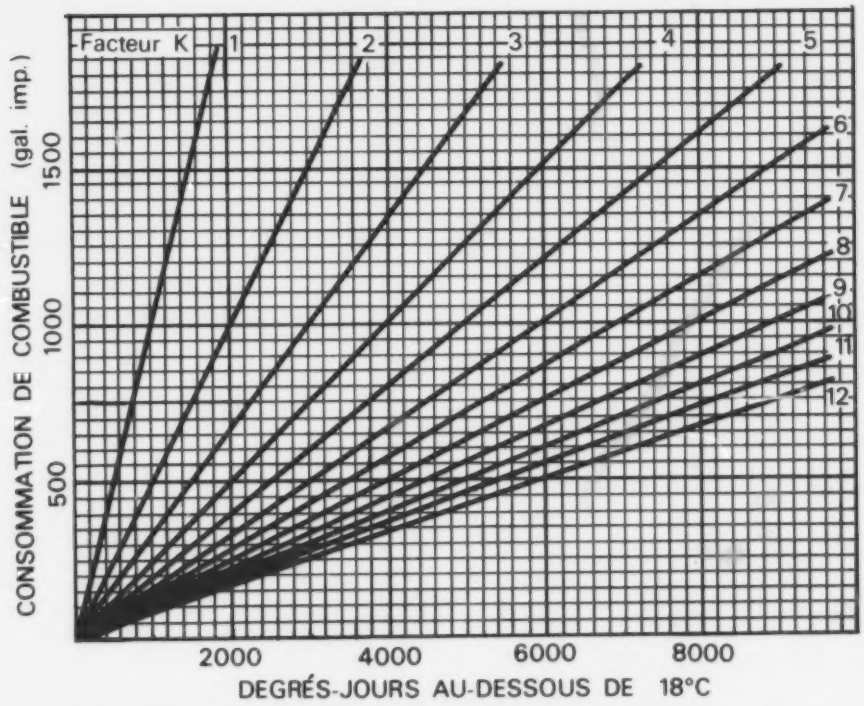


Figure B.2 **Détermination du facteur K d'après les degrés-jours (°C) et la consommation de combustible (gallons).**

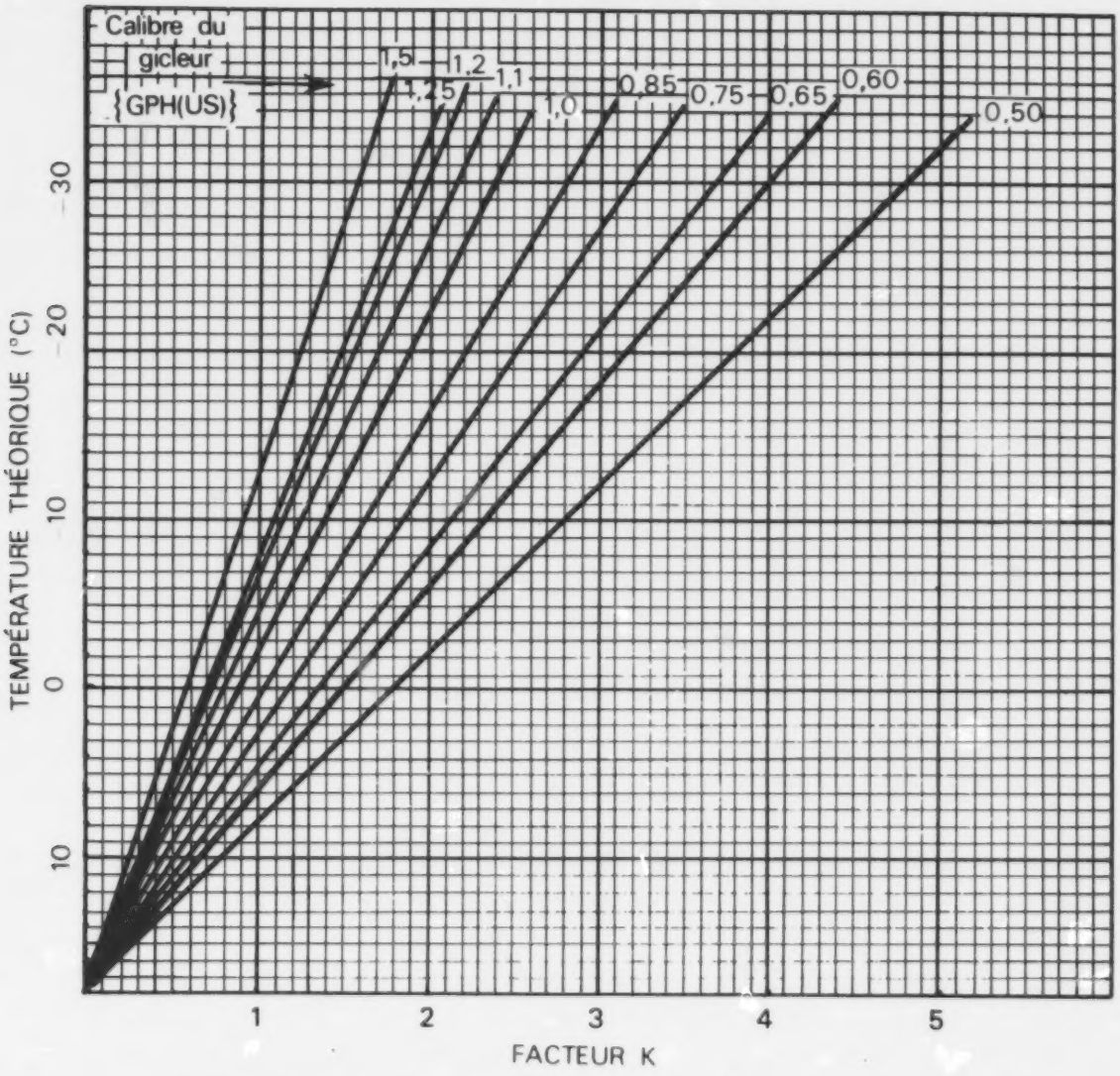


Figure B.3 Graphique de sélection du calibre du gicleur en fonction du facteur K et de la température théorique de janvier.

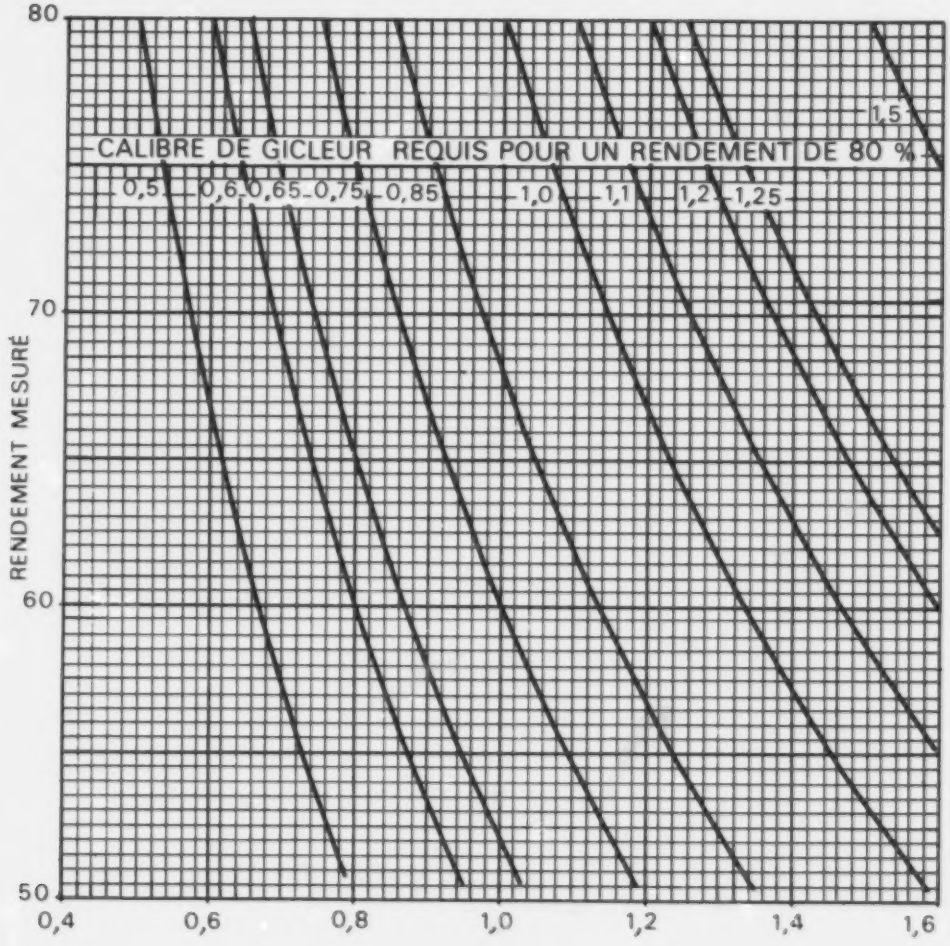


Figure B.4 Calibre de gicleur requis pour un rendement mesuré et de 80 %.

ANNEXE C

COURBES DE COMBUSTION – MAZOUT N° 2

Analyse finale, kg/kg:		
	Carbone	0,8642
	Hydrogène	0,1331
	Soufre	0,0027
	TOTAL	1,0000

Densité: 0,846

Valeur calorifique plus élevée: 45,5 MJ/kg (19 570 Btu/lb)

38,4 MJ/L (165 600 Btu/gal. imp.)

Consulter la Référence n° 10 pour les explications relatives aux calculs et à l'utilisation des graphiques.

Exemple:

Un calorifère est alimenté par un gicleur réglé à 1,1 GPH (US). La température de la fumée en état permanent est de 335°C (635°F) et le taux de gaz carbonique (CO_2) dans la fumée est de 7,5 %. La température ambiante est de 16°C (60°F).

Quel est le niveau d'air en surplus, le niveau d'oxygène équivalent, la masse et le volume d'air nécessaires pour la combustion, la quantité totale de fumée produite, et le rendement en état permanent?

Solution:

Régime de combustion du mazout = 1,1 GPH (US) = $\frac{1,1}{1,2}$ = 0,9167 GPH (imp.) (4,167 L/h)

Au poids spécifique de 0,846 correspond, pour le mazout, une densité de = 8,46 lb/gal. (0,83 kg/L)

Donc, le régime de combustion du mazout = 0,9167 x 8,46 = 7,755 lb/h (3,49 kg/h)

D'après la figure C.1, pour le CO_2 = 7,5 %: total d'air de combustion = 198 %
surplus d'air = 198 % – 100 % = 98 %
équivalent en oxygène = 10,7 %

De même, d'après la figure C.1: masse d'air sec = 28,5 lb/lb de mazout (12,8 kg/0,45 kg de mazout)
masse totale de fumée = 29,7 lb/lb de mazout (13,4 kg/0,45 kg de mazout)

Si le régime de combustion est de 7,755 lb/h, la masse d'air de combustion (air chaud) = 28,5 x 7,755 = 221 lb/h; la masse totale de fumée = 29,7 x 7,755 = 230 lb/h.

D'après la figure C.2, pour le CO_2 = 7,5 % et la température de la cheminée = 335°C (635°F):

volume d'air de combustion (air sec) = 380 pi³/lb (10,76 m³/0,45 kg)
= 380 x 7,755 = 2 950 pi³/h (83,5 m³/h)

volume total de fumée = 820 pi³/lb (23,2 m³/0,45 kg)
= 820 x 7,755 = 6 360 pi³/h (180 m³/h)

Pertes de chaleur

ΔT = température de la cheminée – température de l'air de combustion = 335°C (635°F) – 16°C (60°F) = 302°C (575°F)

D'après la figure C.3, pour le CO_2 = 7,5 % et ΔT = 302°C (575°F): la perte en fumée sèche = 20,2 %

D'après la figure C.4, pour la température de la cheminée = 335°C (635°F) et la température de l'air = 16°C (60°F): la perte en hydrogène = 8,1 %

Donc les pertes de chaleur = 20,2 % + 8,1 % = 28,3 %

Rendement en état permanent = 100 % – 28,3 % = 71,7 %

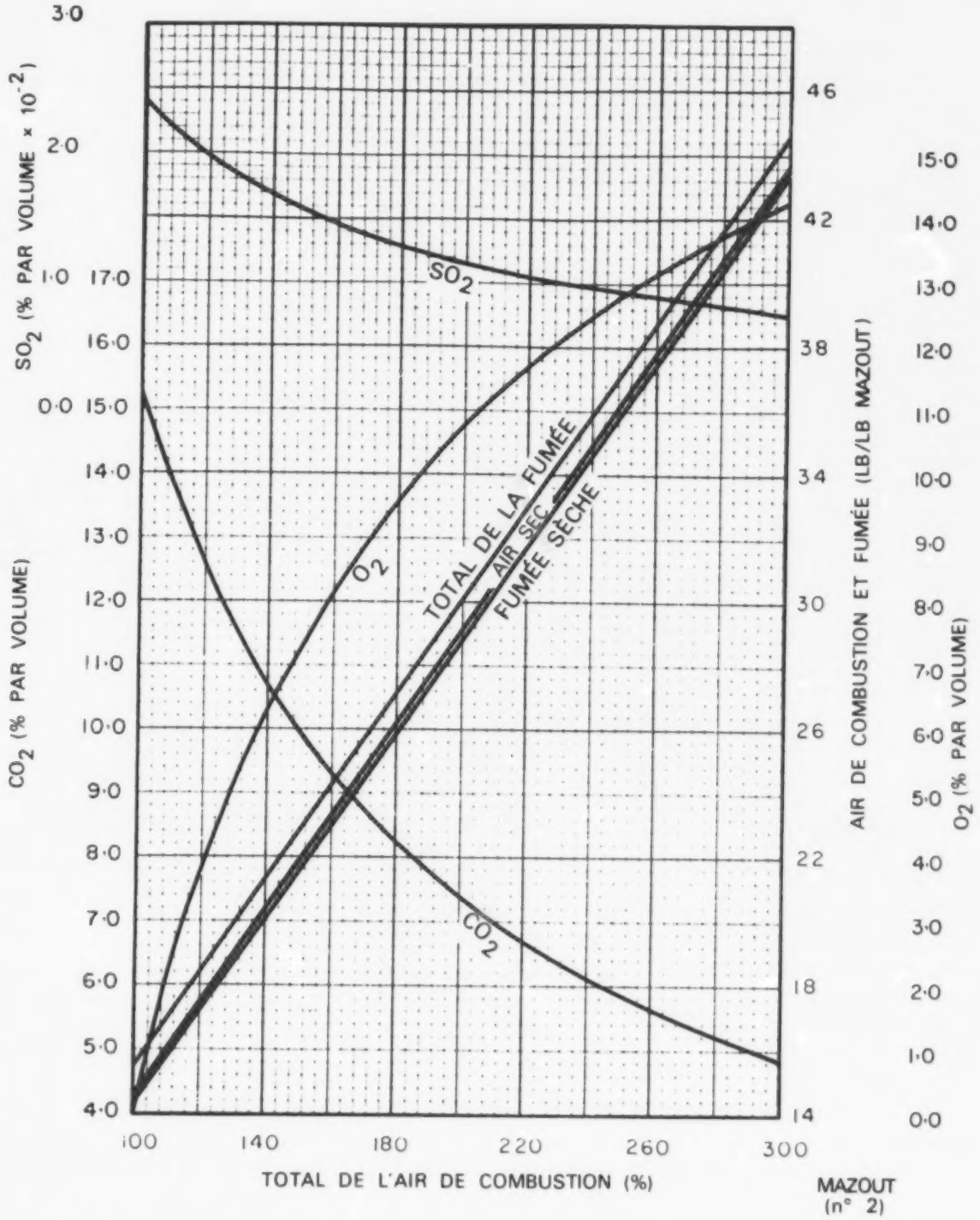


Figure C.1 Données de combustion, d'après le poids.

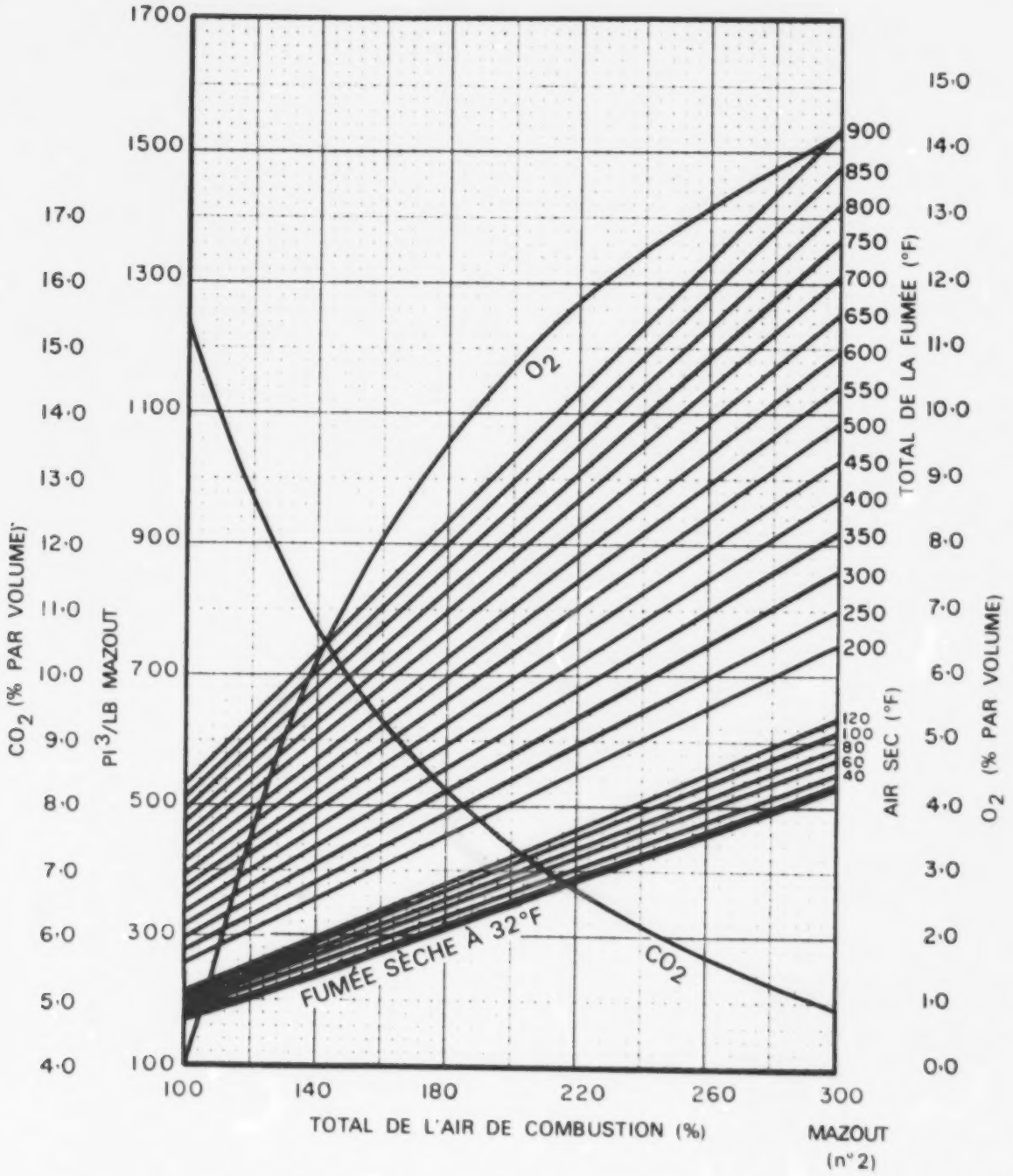


Figure C.2 Données de combustion, d'après le volume.

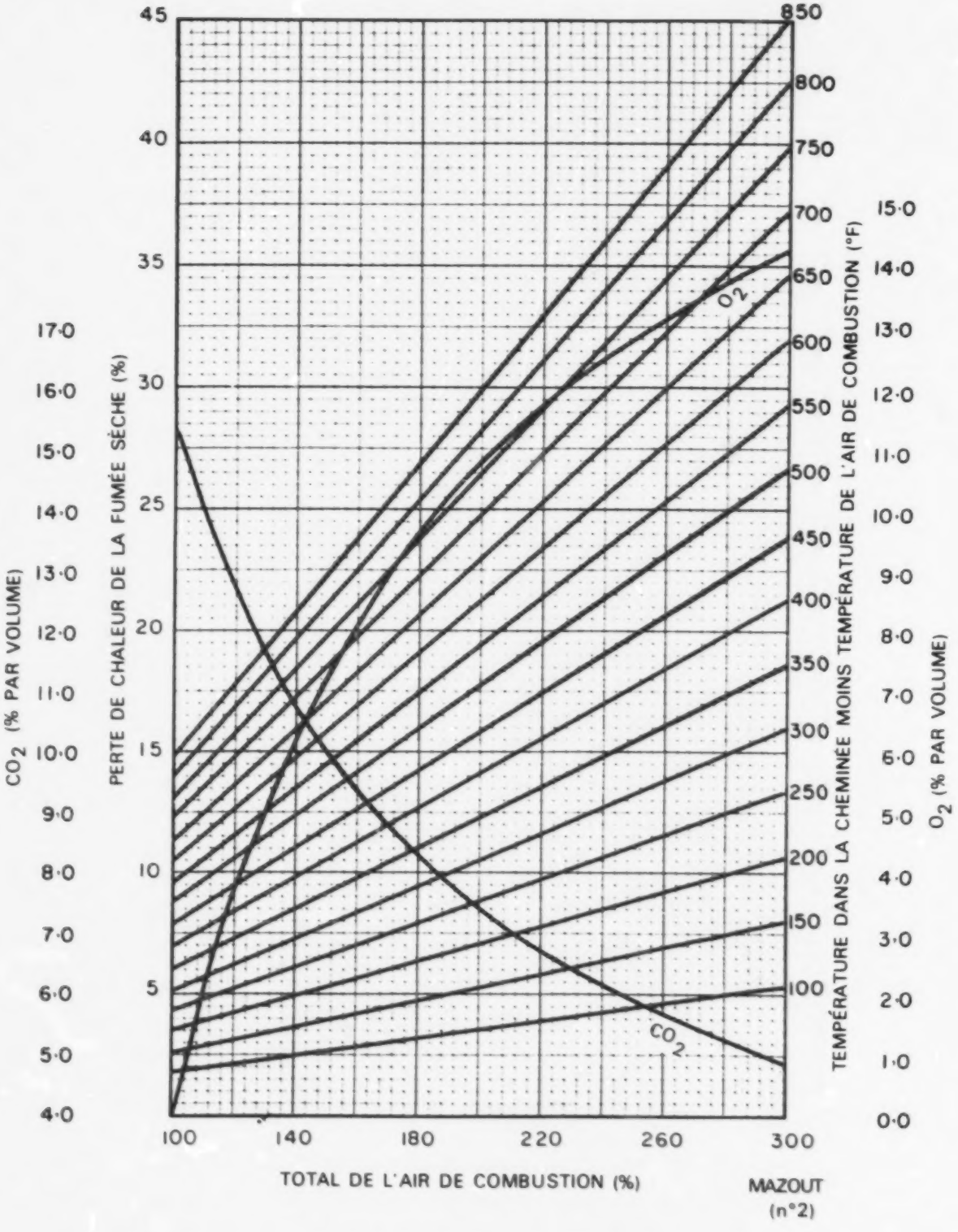


Figure C.3 Perte de fumée sèche pour une gamme d'écarts de température.

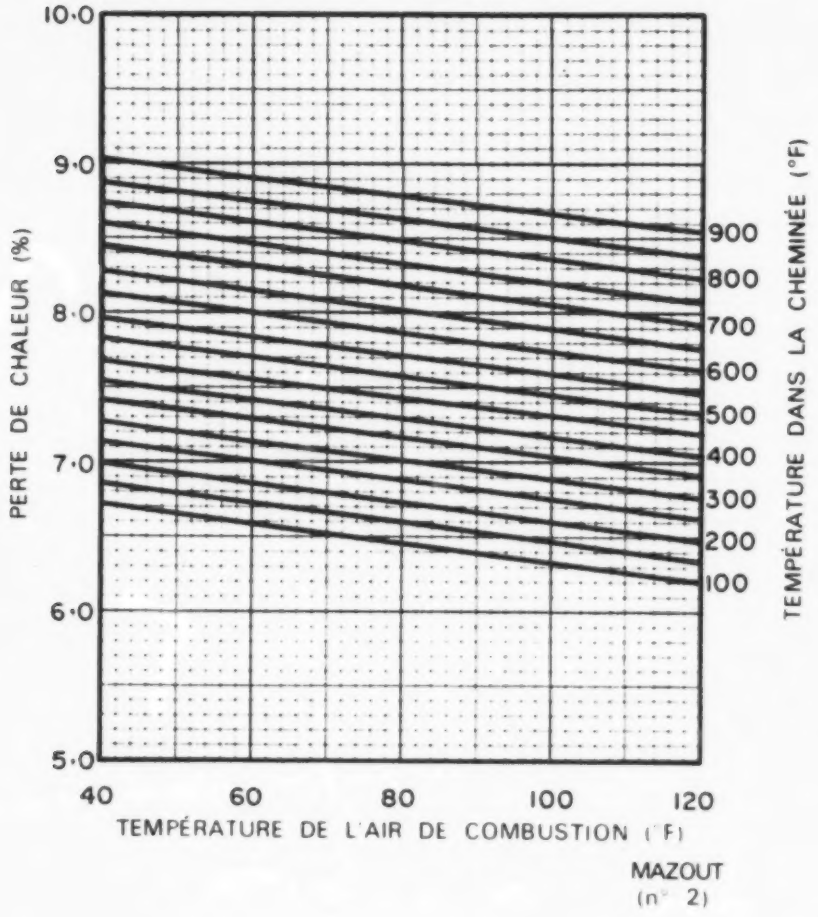


Figure C.4 **Perte d'hydrogène pour une gamme de températures dans la cheminée.**

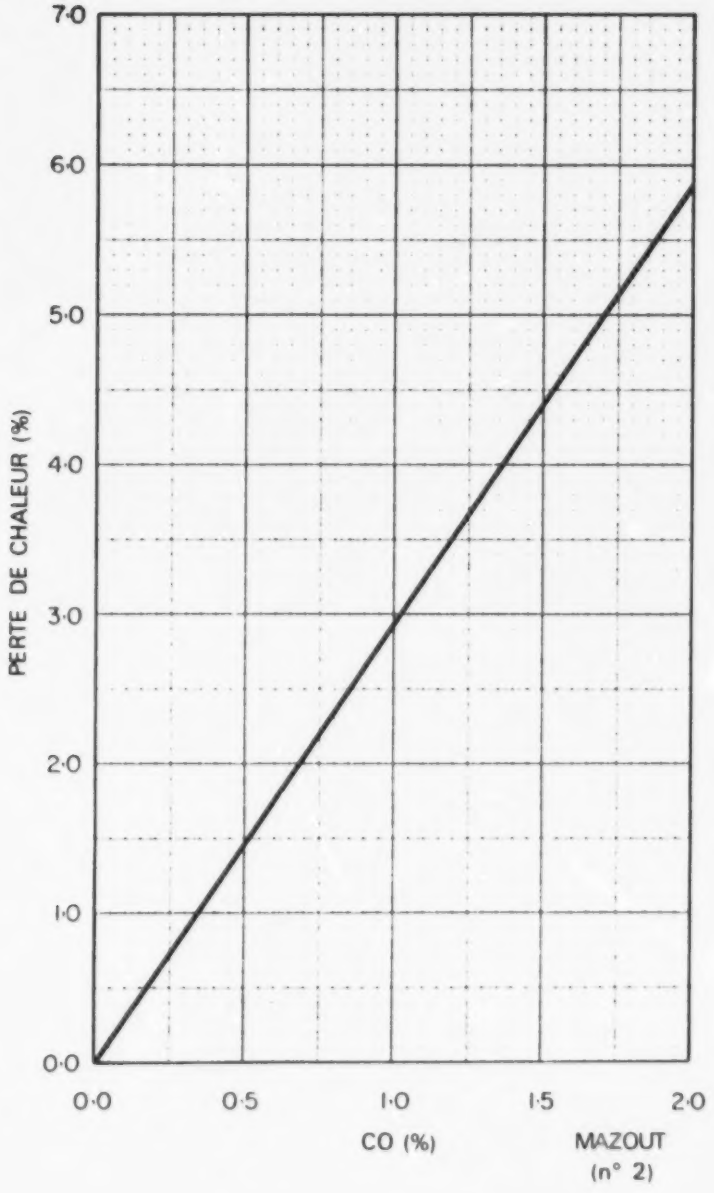


Figure C.5 Perte de chaleur pour une gamme de concentrations d'oxyde de carbone.

ANNEXE D

FACTEURS DE CONVERSION DU SYSTÈME IMPÉRIAL AU SYSTÈME MÉTRIQUE

Température: Pour convertir les degrés Fahrenheit en degrés Celsius, soustrayez 32 et multipliez par 5/9.

par ex.: Une température de 600°F donnera en Celsius = $(600 - 32) \times \frac{5}{9} = 315°C$

Pour convertir les degrés Celsius en degrés Fahrenheit, multipliez par 9/5 et ajoutez 32.

par ex.: Une température de 400°C donnera en Fahrenheit = $\frac{9 \times 400}{5} + 32 = 752°F$

AUTRES FACTEURS DE CONVERSION

	DE	EN	MULTIPLIEZ PAR	INVERSE
longueur	pouce	mm	25,4	0,039 37
	pouce	cm	2,54	0,393 70
	pied	m	0,304 8	3,280 84
	verge	m	0,914 4	1,093 61
	mille	km	1,609 34	0,621 37
	mille marin int.	km	1,852	0,539 96
	micron	µm	1	1
	millimicron	nm	1	1
	angström	nm	0,1	10
	unité X	pm	0,1	10
surface	po carré	cm^2	6,451 6	1,155 00
	pi carré	m^2	0,092 90	10,763 91
	verge carrée	m^2	0,836 13	1,195 99
	acre	ha	0,404 69	2,471 05
	mille carré	km^2	2,589 99	0,386 10
volume	po cube	cm^3	16,387 06	0,061 02
	pi cube	m^3	0,028 32	35,314 67
	verge cube	m^3	0,764 55	1,307 95
	tonne enr.	m^3	2,831 68	0,353 15
	acre-pied	m^3	1 233,482	$8,107 \times 10^{-4}$
capacité mes. imp.	minim	mL	0,059 19	16,893 60
	oz. liq.	mL	28,413 06	0,035 20
	chopine	L	0,568 26	1,795 75
	pinte	L	1,136 52	0,879 88
	gallon	L	4,546 09	0,219 97
	boisseau	hL	0,363 69	2,749 62

	DE	EN	MULTIPLIEZ PAR	INVERSE
poids ou masse	grain	mg	64,798 91	0,015 43
	drachme	g	1,771 84	0,564 38
avoirdupoids	once	g	28,349 52	0,035 27
	livre	kg	0,453 59	2,204 62
courte	cent livres (cwt)	kg	45,359 24	0,022 05
	tonne	t (métrique)	0,907 18	1,102 31
troy ou pharmacie	once	g	31,103 48	0,032 15
	livre	kg	0,373 24	2,679 23
fréquence	cycle/s	Hz	1	1
vélocité	po/s	m/s	0,025 4	39,370 1
	pi/s	m/s	0,304 8	3,280 84
	pi/min	m/s	0,005 08	196,850
	mi/h	m/s	0,447 04	2,236 94
	mi/h	km/h	1,609 34	0,621 37
accélération	po/s^2	m/s^2	0,025 4	39,370 1
	pi/s^2	m/s^2	0,304 8	3,280 84
flux magnétique	maxwell	weber (Wb)	10^{-8}	10^{8}
	maxwell	nanoweber (nWb)	10	0,1
densité du flux magnétique	gauss	tesla (T)	10^{-4}	10^{4}
	gauss	mT	0,1	10
force	once-force	N	0,278 01	3,596 94
	livre-force	N	4,448 22	0,224 81
	mille livres (kip)	kN	4,448 22	0,224 81
	pied-livre	N	0,138 25	7,233 01
	dyne	µN	10	0,1
	kilogramme-force (kp)	N	9,806 65	0,101 97
pression	psi = eb/po^2	kPa	6,894 76	0,145 04
	livre-force/pi^2	Pa	47,880 26	0,020 89
	ksi	MPa	6,894 76	0,148 04
	tonne courte-force/po^2	MPa	13,789 49	0,072 52
	kp/m^2	Pa	9,806 65	0,101 97
	kp/cm^2 at. technique	kPA	98,066 5	0,010 20
	dyn/cm^2	Pa	0,1	10
	bar.	Pa	10^{5}	10^{-5}
unités hydro-statiques	mm de mercure (torr)	mbar	1,333 22	0,750 06
	atmosphère normale	bar	1,013 25	0,986 92
	po de mercure	mbar	33,863 9	29,530 0
	mm d'eau (4°C)	Pa	9,806 65	0,101 97
	po d'eau (conv.)	mbar	2,490 89	0,401 46

	DE	EN	MULTIPLIEZ PAR	INVERSE
énergie	pi-livre-force	J	1,355 82	0,737 56
	Btu (int.)	kJ	1,055 06	0,947 82
	therm.	MJ	105,506	$9{,}478 \times 10^{-3}$
	ch-heure	MJ	2,684 52	0,372 51
	calorie (int.)	J	4,186 8	0,238 85
	erg	J	0,1	10
	kgf-m	J	9,806 65	0,101 97
	kWh	MJ	3,6	0,277 78
	watt-heure	kJ	3,6	0,277 78
	électron-volt	aJ	0,160 21	6,242
puissance	Btu/h (int.)	W	0,239 07	3,412 14
	Btu/s (int.)	kW	1,055 06	0,947 82
	pi-livre-force/h	mW	0,376 62	2,655 22
	ch métrique	kW	0,735 50	1,359 62
	ch électr.	kW	0,746	1,340 48
	ch méc. (R.-U.)	kW	0,745 70	1,341 02
	ch chaud.	kW	9,809 5	0,101 94
	kp m/s	W	9,806 65	0,101 97
conductance	mho	siemens (S)	1	1

ANNEXE E

DONNÉES DE CALCUL POUR CERTAINES LOCALITÉS CANADIENNES CHOISIES

	Température de calcul °C, 2,5 %, janvier	Degrés-jours (°C)
Colombie-Britannique		
Victoria	- 5	3 033
Vancouver	- 7	2 997
Kelowna	-18	3,698
Prince-Rupert	-35	5 353
Prince-George	- 9	3 838
Fort Nelson	-41	7 032
Nanaimo	- 7	3 019
Alberta		
Edmonton	-32	5 638
Calgary	-32	5 324
Fort MacMurray	-36	6 318
Lethbridge	-31	4 736
Saskatchewan		
Regina	-34	5 937
Saskatoon	-34	5 964
Prince-Albert	-37	6 394
Estevan	-32	5 461
Manitoba		
Winnipeg	-32	5 866
Brandon	-32	5 949
Churchill	-39	9 227
Ontario		
Thunder Bay	-31	5 714
Timmins	-33	6 267
Sudbury	-26	5 267
Windsor	-14	3 588
Toronto	-17	3 726
Peterboro	-23	4 489
Ottawa	-25	4 763
Québec		
Montréal	-23	4 491
Sainte-Agathe	-27	5 417
Sherbrooke	-25	4 650
Québec (fin)		
Thetford Mines	-14	5 387
Québec	-25	4 898
Chicoutimi	-29	5 547
Mont-Laurier	-29	5 374
Drummondwille	-25	4 767
Rimouski	-24	5 433
Nouveau-Brunswick		
Fredericton	-23	4 751
Edmundston	-27	5 376
Saint-Jean	-14	4 629
Chatham	-23	4 969
Sackville	-21	4 611
Moncton	-14	4 622
Île-du-Prince-Édouard		
Charlottetown	-19	4 648
Summerside	-19	4 622
Nouvelle-Écosse		
Halifax	-16	4 023
New Glasgow	-21	4 600
Kentville	-18	4 262
Sydney	-15	4 405
Terre-Neuve		
St-Jean	-14	4 928
Corner Brook	-21	4 921
Grand Falls	-14	4 588
Labrador City	-36	7 822
Port-aux-Basques	-14	4 822
Goose Bay	-32	6 537
Yukon		
Whitehorse	-41	6 864
Territoires du Nord-Ouest		
Yellowknife	-44	8 619